



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA CONSTRUCCION  
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA AGRICOLA**

**"EVALUACIÓN HIDRAULICA DE LOS SISTEMA DE RIEGO POR  
GOTEO DE LAS PARCELAS ADMINISTRADAS POR LA  
EMPRESA LA UNION S.A. QUEZALGUAQUE, LEON".**

**TRABAJO MONOGRAFICO PRESENTADO POR:**

**Br. Anielka Dialá Delgadillo López.**

**Br. Aracelys de los Ángeles Díaz Ortega.**

**Br. Johnston Francisco Guzmán Salgado.**

**PARA OPTAR AL TITULO DE  
INGENIERIA AGRICOLA.**

**TUTOR**

**Ing. Msc. Henry Loaisiga.**

**ASESOR**

**Ing. Luís Gustavo Espinosa.**

**Managua, Nicaragua**

**Mayo 2008**

## **DEDICATORIA**

Dedico mi trabajo monográfico en primer lugar a Díos, que me dio el privilegio de vivir, de tener una madre que me ha educado con amor y me a instado a la vida profesional.

A mi madre Paulita Salgado, que siempre me motivó a estudiar y me brindó amor, ánimo y el apoyo necesario para continuar.

A mis abuelos, Jacinta Mejia y Herminio Salgado, que han contribuido durante toda mi vida un ejemplo digno de seguir., Pero de manera especial a mi abuelita que hasta asé poco tiempo la tuvimos con nosotros, me enseñó a amar a mi familia y me heredó el amor y el carácter al estudio, al trabajo y la responsabilidad. Que descanse en paz.

Y al resto de mi familia que siempre ha estado pendiente de este trabajo, en especial a todos mis tíos y al Ing. Dennis Pérez Ayerdis.

A todos los amigos, compañeros de clases, que de una u otra forma me brindaron su mano amiga para coronar mi formación profesional.

Br. Johnston Francisco Guzmán Salgado.

## **DEDICATORIA**

A mis padres Blanca Elena López Torres y José Delgadillo Vargas, a quienes amo infinitamente, gracias por el apoyo que me han brindado durante todo este largo camino que con mucho esfuerzo, cariño y comprensión me guiaron hacia este momento, con el único propósito de brindarme lo mejor.

A mí adorado esposo Stalin Lenin Robles Carrión, quien es responsable también de mi éxito, preocupándose y brindándome su amor y todo su esfuerzo.

A mi abuelita María Teresa Torres, por llevarme siempre en su corazón y sus oraciones que tanto me han ayudado.

A mi abuelita Petrona Vargas, que aunque ya no este con vida, desde donde este me cuida.

A mis dos grandes amigos Carlos Galo Matute y Javier Antonio Bracamonte, quienes me han ayudado incondicionalmente, los quiero y admiro por ser personas con muchas virtudes.

A todas estas personas a quienes menciono estoy haciendo suyo todo mi logro gracias por darle sentido y mucha felicidad a mi vida.

Br. Anielka Dialá Delgadillo López

## **AGRADECIMIENTO**

Especialmente a Dios por habernos dado la vida y permitirnos culminar esta monografía con salud.

A nuestros padres por apoyarnos siempre y ayudarnos a finalizar nuestras metas y hacer realidad nuestras aspiraciones.

A nuestro tutor Ing. Msc. Henry Loaisiga y asesor Ing Luis Gustavo Espinoza, por apoyarnos con sus conocimientos y brindarnos su valioso tiempo para lograr formarnos como profesionales.

A la Empresa La Unión S.A, por brindarnos su confianza y la oportunidad de afianzar nuestros conocimientos a través de la práctica.

Al Ing. Denis Pérez Ayerdis (Alcalde del departamento de León (2001-2004), al facilitarnos las gestiones en el municipio de Quezalaguaque, León.



## **DEDICATORIA**

Al señor primeramente por haberme permitido la vida, por darme sabiduría y fuerza necesaria para terminar este trabajo.

A mi madre por formarme como persona de bien y apoyarme en mis metas y aspiraciones a pesar de todas las limitantes que se nos presentaron en este camino.

A la persona más importante de mi vida Gustavo Morales Rodríguez, por su larga espera, confianza, comprensión y al gran apoyo moral que me ha brindado.

A la familia Delgadillo López por el amor y la confianza, que me han brindado en su hogar, en especial a su hija Anielka Delgadillo López que en todo este tiempo ha demostrado su valiosa amistad y compañerismo.

Br. Aracelys de los Ángeles Díaz Ortega.

<b>INDICE</b>		
<b>CONTENIDO</b>		<b>PAGINA</b>
<b>CAPITULO I</b>	<b>GENERALIDADES</b>	
1.1	Introducción	1
1.2	Objetivos	2
1.3	Justificación	3
1.4	Antecedentes	4
1.5	Localización del Área de Estudio	5
1.6	Características Generales del Área de Estudio	6
<b>CAPITULO II</b>	<b>MARCO TEORICO</b>	
2.0	Cultivos y Condiciones Edafoclimática	7
2.1	Cultivo de la Chiltoma	7
2.1.1	Origen	7
2.1.2	Taxonomía y Morfología	7
2.1.3	Etapas del Desarrollo del Cultivo	7
2.1.4	Requerimientos Edafoclimáticos	8
2.1.4.1	Clima	8
2.1.4.2	Humedad	8
2.1.4.3	Suelo	8
2.1.5	Variedades	8
2.1.5.1	Variedades más Importantes	8
2.1.6	Particularidades del cultivo	9
2.1.6.1	Época de Siembra	9
2.1.6.2	Control de Plagas	9
2.2	Cultivo del Pepino	10
2.2.1	Origen	10
2.2.2	Taxonomía y Morfología	10
2.2.3	Etapas del Desarrollo del cultivo	10
2.2.4	Requerimientos Edafoclimáticos	11
2.2.4.1	Clima	11
2.2.4.2	Humedad	11
2.2.4.3	Suelo	11
2.2.5	Variedades	11
2.2.5.1	Variedades más Importantes	11
2.2.6	Particularidades del Cultivo	11
2.2.6.1	Época de Siembra	11
2.2.6.2	Control de Plagas	12
2.3	Cultivo de Pipian	12
2.3.1	Origen	12
2.3.2	Taxonomía y Morfología	12
2.3.3	Etapas de Desarrollo del Pipian	13
2.3.4	Requerimientos Edafoclimáticos	13
2.3.4.1	Clima, Temperatura y Humedad	13

<b>CONTENIDO</b>	<b>PAGINA</b>
2.3.4.2 Suelo	13
2.3.5 Variedades	13
2.3.5.1 Variedades más Importantes	13
2.3.6 Particularidades del Cultivo	14
2.3.6.1 Época de Siembra	14
2.3.6.2 Control de Plagas	14
2.4 Programación de Riego	14
2.4.1 Programación Local del Riego para la Chiltoma, Pepino y Pipian	14
2.5 Condiciones Edafoclimáticas de la Zona	15
2.5.1 Relación Agua, Suelo, Planta	15
2.5.2 Suelo	16
2.5.2.1 Textura del Suelo	17
2.5.2.2 Estructura del Suelo	18
2.5.2.3 Propiedades Químicas del Suelo	18
2.5.2.4 Acidez del Suelo (PH)	19
2.5.2.5 Cantidad de Materia Orgánica del Suelo	19
2.5.2.6 Capacidad de Campo del Suelo (CC)	19
2.5.2.7 Humedad disponible en el suelo	20
2.5.2.8 Limitaciones Topográficas	20
2.5.3 Agua	21
2.5.3.1 Punto de Marchites Permanente (PMP)	21
2.5.3.2 Acidez del Agua (PH)	22
2.5.3.3 Salinidad del Agua	22
2.5.4 Clima	23
2.5.4.1 Precipitación	23
2.5.4.2 Temperatura	24
2.5.4.3 Humedad Relativa (HR)	26
2.5.4.4 Velocidad del Viento	28
2.5.4.5 Hora de Insolación (Luminosidad)	29
2.5.4.6 Evaporación	29
2.5.4.7 Transpiración	30
2.5.5 Planta	30
2.5.5.1 Coeficiente del Cultivo	30
2.5.5.2 Evapotranspiración	31
2.5.5.3 Uso Consultivo	33
2.6 Riego	33
2.6.1 Concepto y Descripción del Sistema de Riego	33
2.6.2 Características Principales del Riego por Goteo	34
2.6.3 Ventajas del Riego por Goteo	34
2.6.4 Desventajas del Riego por Goteo	35
2.6.5 Elementos que Conforman un Sistema de Riego por Goteo	35
2.6.5.1 Emisores	35
2.6.5.2 Mangueras o Cintas de Riego	36
2.6.5.3 Lateral	37
2.6.5.4 Terciaria	37
2.6.5.5 Tubos y Tuberías	37
2.6.5.6 Piezas Especiales	37
2.6.5.7 Junta	37

<b>CONTENIDO</b>	<b>PAGINA</b>
2.6.5.8 Válvula	38
2.6.5.9 Válvula de Retención	38
2.6.5.10 Válvula de Seguridad	38
2.6.5.11 Ventosa	38
2.6.5.12 Hidrante	39
2.6.5.13 Presión Nominal	39
2.6.5.14 Presión de Trabajo	39
2.6.5.15 Manómetros	39
2.6.5.16 Regulador de Presión	40
2.6.5.17 Unidad y Sub-Unidad de Riego	40
2.6.5.18 Cabezal de Riego	40
2.6.5.19 Filtrado de Agua de Riego	41
2.6.5.20 Filtro de Anilla	41
2.7 Fertirriego	42
2.7.1 Concepto de Fertirriego	42
2.7.2 Ventaja de Fertirriego	42
2.7.3 Fertilizante para Fertirriego	43
2.7.3.1 Fertilizantes Simples	43
2.7.3.2 Fertilizantes Sólidos Compuestos y Soluciones	
Fertilizantes Líquidas Compuestas	44
2.7.3.3 Compatibilidad entre Fertilizantes	45
2.7.4 Las Plantas y El Fertirriego	45
2.7.5 Dosificación del Fertirriego en los Cultivos	46
2.7.6 Sistema de Aplicación de Fertilizantes mediante	
Fertirriego adaptado al Sistema de Riego por Goteo	46
2.7.7 Sensibilidad a las obstrucciones del Sistema de Riego	
por Goteo	48
2.7.8 Tratamiento Químico del Agua	49

---

### **CAPITULO III                      MARCO METODOLOGICO**

---

3.0 Pruebas de Campo	50
3.1 Medidas de la Velocidad de Infiltración	50
3.1.1 Factores que Afectan la Tasa de Infiltración	50
3.1.1 Materiales y Equipos	51
3.1.2 Procedimiento de Campo	51
3.1.3 Interpretación de la Velocidad de Infiltración	52
3.1.4 Calculo de la Velocidad de Infiltración	52
3.1.4.1 Velocidad de Infiltración	54
3.1.4.2 Infiltración Acumulada	54
3.2 Muestreo de Agua para Análisis	56
3.2.1 Materiales y Equipos	57
3.2.2 Procedimiento	57
3.2.3 Interpretación de Resultados	57
3.2.3.1 Índice de Primer Grado	57
3.2.3.1.1 PH del Agua	57
3.2.3.1.2 Contenido Total de Sales (Conductividad Eléctrica)	58

<b>CONTENIDO</b>	<b>PAGINA</b>
3.2.3.1.3 Contenido en Cloruro	58
3.2.3.1.4 Contenido en Sodio	59
3.2.3.1.5 Contenido en Sulfato	59
3.2.3.2 Índice de Segundo Grado	59
3.2.3.2.1 Relación de Absorción de Sodio (RAS)	59
3.2.3.2.2 Carbonato de Sodio Residual (CSR)	60
3.2.3.2.3 Dureza	61
3.3 Muestreo de Suelos	62
3.3.1 Materiales y Equipos	62
3.3.2 Procedimiento	63
3.4 Prueba de Bombeo	63
3.4.1 Materiales y Equipos	63
3.4.2 Metodología de Aforo	64
3.4.3 Procedimiento de Campo	64
3.4.4 Aforo por el Método Volumétrico	65
3.5 Prueba de Abatimiento en los Pozos	67
3.5.1 Materiales y Equipos	67
3.5.2 Metodología para el Calculo de Abatimiento	68
3.5.3 Procedimiento de Campo	69
3.5.4 Abatimiento por el Método de Aforo de Bombeo	69
3.5.4.1 Calculo de Abatimiento y Aforo del Pozo	70
3.6 Levantamiento Topográfico	71
3.7 Evaluación Hidráulica	72
3.7.1 Aspectos Teóricos	72
3.7.2 Materiales y Equipos	73
3.7.3 Procedimientos	73
3.7.4 Calculo de la Evaluación para el Sistema	74
3.7.4.1 Calculo del Área Regada	74
3.7.4.2 Coeficiente de Uniformidad (CU)	75
3.7.4.3 Caudal Medio del 25% de las Plantas que Reciben Menos Agua	76
3.7.4.4 Caudal Medio Recibido por las Plantas	76
3.7.4.5 Desviación Típica de los Caudales Recibidos por las Plantas	76
3.7.4.6 Coeficiente de Uniformidad de Caudal de la Unidad de Riego Calculado	77
3.7.4.7 Coeficiente de Uniformidad de Presión	77
3.7.4.8 Presión Medio del 25% de Plantas que Reciben Menos Agua	77
3.7.4.9 Presión Medio de la Sub-Unidad	78
3.7.4.10 Desviaciones Típicas de las Presiones	78
3.7.4.11 Presión Mínima al Inicio del Lateral	78
3.7.4.12 Coeficiente de Uniformidad de presión	78
3.7.4.13 Coeficiente de Variación Total de Caudal	78
3.7.4.14 Coeficiente de Variación Total Debido a la Presión	79
3.7.4.15 Coeficiente de Variación Debido a los Emisores	80
3.7.4.16 Coeficiente de Uniformidad del Sistema	81
3.7.4.17 Factor de Corrección del Coeficiente de Uniformidad	82
3.7.4.18 Coeficiente de Uniformidad del Sistema Calculado	82

CONTENIDO		PAGINA
CAPITULO IV		PROPUESTA DE DISEÑO
4.0	Diseño del Sistema de Riego por Goteo	83
4.1	Diseño Geométrico	83
4.2	Diseño Agronómico	84
4.2.1	Requerimientos Hídricos	84
4.2.2	Elección del Kc y Kp	85
4.2.3	Efecto de Localización y Porcentaje de Sombreado	85
4.2.4	Elección del KI	85
4.2.5	Cálculo de la evapotranspiración Potencial en el Sitio de Estudio (Etp)	86
4.2.6	Norma Neta (Nn)	87
4.2.7	Norma Bruta (Nb)	87
4.2.8	Norma Total (Nt)	88
4.2.9	Eficiencia Aplicada del Riego (Efr)	88
4.2.10	Necesidades Hídricas de los Cultivos Durante todo su Ciclo	88
4.2.10.1	Calculo Evapotranspiración Real o Máxima en la Chiltoma	89
4.2.10.2	Porcentaje de Superficie Mojada (P)	90
4.2.10.3	Área Mojada del Emisor	91
4.2.10.4	Calculo del Número Mínimo de Emisores por Planta	92
4.2.10.5	Volumen del Emisor	93
4.2.10.6	Intervalo de Riego	94
4.2.10.7	Tiempo de Riego	94
4.2.10.8	Calculo de las Necesidades Hídricas en los Cultivos	95
4.2.10.8.1	Necesidades del cultivo de la Chiltoma	95
4.2.10.8.2	Necesidades en los cultivos Pepino y Pipian	97
4.2.11	Precipitación Horaria del Sistema	99
4.3	Diseño Hidráulico	101
4.3.1	Presentación de Datos	101
4.3.2	Diseño del lateral	102
4.3.2.1	Numero del Emisor por Planta	102
4.3.2.2	Caudal Mínimo del Trabajo (qmin)	102
4.3.2.3	Coeficiente de Uniformidad del Sistema	103
4.3.2.4	Presión de Trabajo (Hn)	103
4.3.2.5	Presión Mínima de Trabajo (hmin)	103
4.3.2.6	Pérdida de Carga Permisible	104
4.3.2.7	Caudal de Trabajo del Lateral (Qlat)	105
4.3.2.8	Pérdida de Carga Unitaria en el Lateral	106
4.3.2.9	Pérdida de Carga por Conexión en el Lateral	106
4.3.2.10	Pérdida de Carga por Fricción en el Lateral	107
4.3.2.11	Calculo de Presión Inicial en el Lateral	108
4.3.2.12	Presión Mínima al Final del Lateral	109
4.3.2.13	Comprobación de la Diferencia de Presión Permisible	110
4.3.3	Diseño de la Tubería Terciaria	111
4.3.3.1	Pérdida de Carga Permisible en la Tubería Terciaria	112
4.3.3.2	Cálculo del Número de Laterales en la Tubería Terciaria	112

<b>CONTENIDO</b>	<b>PAGINA</b>
4.3.3.3 Caudal de la Tubería Terciaria (Qter)	114
4.3.3.4 Determinación del Diámetro en la Tubería Terciaria	114
4.3.3.5 Cálculo de la Velocidad de Flujo en la Tubería Terciaria	115
4.3.3.6 Pérdida de Carga Unitaria en la Tubería Terciaria	116
4.3.3.7 Pérdida de Carga por Conexión en la Tubería Terciaria	116
4.3.3.8 Pérdida de Carga por Fricción en la Tubería Terciaria	117
4.3.3.9 Presión Inicial en la Tubería Terciaria	118
4.3.3.10 Presión Mínima en la Tubería Terciaria	119
4.3.3.11 Comprobación de Presión en la Terciaria	119
4.3.4 Diseño de la Tubería Principal y Secundaria	121
4.3.4.1 Cálculo del Diámetro de la Tubería Principal	121
4.3.4.2 Cálculo de la Velocidad de Flujo en la Tubería Principal	122
4.3.4.3 Pérdida por Fricción en la Tubería Principal	122
4.3.4.4 Pérdida por Accesorios en la Tubería Principal	123
4.3.5 Diseño de la Tubería de Impulsión	125
4.3.5.1 Perdidas por Fricción en la Tubería de Impulsión	125
4.3.5.2 Pérdidas Locales o por Accesorios en el Cabezal	125
4.3.5.3 Perdidas por Fricción en la Tubería del Cabezal	127
4.3.6 Carga Estática	127
4.3.7 Carga Total Dinámica con la que Opera el Sistema	128
4.3.8 Potencia de la Bomba	129

---

## **CAPITULO V                      RESULTADOS**

---

5.0 Resultados	130
5.1 Prueba de infiltración en las pequeñas parcelas	130
5.2 Análisis de agua de riego y suelo en el sitio de estudio	135
5.3 Prueba de Abatimiento de los pozos	137
5.4 Evaluación hidráulica en las 4 parcelas restantes en estudio	140
5.5 Cálculo hidráulico en la propuesta de rediseño del sistema	144

---

## **CONCLUSIONES**

---

Conclusiones	148
--------------	-----

---

## **RECOMENDACIONES**

---

Recomendaciones	150
-----------------	-----

---

## **BIBLIOGRAFIA**

---

Bibliografía	152
--------------	-----

---

---

**ANEXOS**

---

**CONTENIDO****Anexo I: Planos**

- Nº 1 Planos de Diseño del Sistema de Riego por Goteo en las Fincas  
Nº 2 Planos Topográficos de cada una de las Fincas

**Anexo II: Tablas**

- Nº 1 Evaporación de Pana  
Nº 2 Precipitación  
Nº 3 Humedad Relativa  
Nº 4 Temperatura Media  
Nº 5 Viento Medio  
Nº 6 Caudal y Presión Promedio Finca Ruiz  
Nº 7 Caudal y Presión Promedio Finca Mariana  
Nº 8 Caudal y Presión Promedio Finca Las Mercedes  
Nº 9 Caudal y Presión Promedio Finca Nicolaza  
Nº 10 Caudal y Presión Promedio Finca Pastora  
Nº 11 Prueba de Infiltración Finca Ruiz  
Nº 12 Ajuste de Prueba de Infiltración Finca Ruiz  
Nº 13 Prueba de Infiltración Finca Mariana  
Nº 14 Ajuste de Prueba de Infiltración Finca Mariana  
Nº 15 Prueba de Infiltración Finca Las Mercedes  
Nº 16 Ajuste de Prueba de Infiltración Finca Las Mercedes  
Nº 17 Prueba de Infiltración Finca Nicolaza  
Nº 18 Ajuste de Prueba de Infiltración Finca Nicolaza  
Nº 19 Prueba de Infiltración Finca Pastora  
Nº 20 Ajuste de Prueba de Infiltración Finca Pastora  
Nº 21 Determinación del Régimen de Velocidad de Infiltración en el Suelo  
Nº 22 Clasificación de los Suelos de Acuerdo con sus Posibilidades de Infiltración  
Nº 23 Nivel Freático de los Pozos  
Nº 24 Profundidad de los Pozos  
Nº 25 Clasificación del Suelo según el PH  
Nº 26 Clasificación del Terreno según el Tipo de Pendiente  
Nº 27 Peso Equivalente Químico de los Iones mas Frecuentes en el Agua de Riego  
Nº 28 Clasificación del Agua según su Contenido de Calcio  
Nº 29 Porcentaje del Área Humedecida en el Riego por Goteo  
Nº 30 Eficiencia de Aplicación del Riego por Goteo en Zonas Áridas  
Nº 31 Coeficiente del Tanque (Kp)  
Nº 32 Coeficiente del Cultivo (Kc)  
Nº 33 Especificaciones Técnicas de la Cinta Tipo EURODRIP  
Nº 34 Necesidades Nutricionales de la Chiltoma  
Nº 35 Necesidades Nutricionales del Pepino  
Nº 36 Necesidades Nutricionales del Pepino



---

Nº 37	Tabla Agronómica de los Cultivos
Nº 38	Marco de Plantación de los Cultivos
Nº 39	Valores de M
Nº 40	Longitud Equivalente Fe
Nº 41	Valores de F de Christiansen
Nº 42	Diámetros de Tubería PVC y Caudales Máximos Permisibles
Nº 43	Valores Representativo del Peso Específico

### **Anexo III: Gráficos**

Nº 1	Comportamiento del Caudal Promedio de cada Emisor por Lateral Finca Ruiz
Nº 2	Presión Promedio en cada Emisor por Lateral Finca Ruiz
Nº 3	Comportamiento del Caudal Promedio de cada Emisor por Lateral Finca Mariana
Nº 4	Presión Promedio en cada Emisor por Lateral Finca Mariana
Nº 5	Comportamiento del Caudal Promedio de cada Emisor por Lateral Finca Las Mercedes
Nº 6	Presión Promedio en cada Emisor por Lateral Finca Las Mercedes
Nº 7	Comportamiento del Caudal Promedio de cada Emisor por Lateral Finca Nicolaza
Nº 8	Presión Promedio en cada Emisor por Lateral Finca Nicolaza
Nº 9	Comportamiento del Caudal Promedio de cada Emisor por Lateral Finca Pastora
Nº 10	Presión Promedio en cada Emisor por Lateral Finca Pastora
Nº 11	Comportamiento de la Evapotranspiración de la Chiltoma
Nº 12	Comportamiento de la Evapotranspiración del Pepino y Pipian
Nº 13	Nomograma para el Cálculo de RAS
Nº 14	Nomograma para el SAR
Nº 15	Triangulo Textura

### **Anexo IV: Mapas**

Nº 1	Macro localización del Área en Estudio
Nº 2	Micro localización del Área en Estudio
Nº 3	Curvas Isofreáticas del Área en Estudio
Nº 4	Acuífero en el Área en Estudio

### **Anexo V: Fotos**

Nº 1	Tanque By-Pass
Nº 2	Tanque By-Pass destapado
Nº 3	Llave By-Pass
Nº 4	Filtro de Anilla Amiad 2"
Nº 5	Estado de la Cinta de Riego en el Campo
Nº 6	Filtraciones en la Cinta de Riego
Nº 7	Estado del Sistema del Cabezal
Nº 8	Concentración de Sales
Nº 9	Obstrucciones de la Cinta
Nº 10	Sistema de Riego Dañado

---

Nº 11	Reparaciones propias de los pequeños productores a las rupturas del sistema
Nº 12	Reparaciones propias de los pequeños productores a las rupturas del sistema
Nº 13	Estación de Bombeo en las fincas
Nº 14	Estación de Bombeo en las fincas
Nº 15	Disposición de laterales en las fincas
Nº 16	Parcelas con cultivos de Chiltoma
Nº 17	Parcelas con cultivos de Pipian
Nº 18	Parcelas con cultivos de Pipian
Nº 19	Suelo existentes en las fincas
Nº 20	Medición de espaciamientos de goteros entre la cinta
Nº 21	Medición de espaciamiento entre laterales
Nº 22	Accesorio dentro del sistema existente en las fincas
Nº 23	Cabezal de distribución
Nº 24	Infiltrómetro digital
Nº 25	Toma de caudal y presión
Nº 26	Área de almacenamiento de semillas
Nº 27	Bomba sumergible utilizada en los sistemas de riego

**Anexo VI: Resultados de los Análisis de agua y suelo emitido por Laboratorio de la Universidad Nacional Agraria (LABSA. UNA).**

### 1-GENERALIDADES

#### 1.1- INTRODUCCIÓN

Ante el desastre del huracán Mitch, que azoto fuertemente la región occidental de nuestro país, algunos organismos no gubernamentales (ONG) definieron estrategias socio económicas, a través de acciones que beneficiarían los diversos sectores económicos de esta región y el departamento de León no fue la excepción beneficiando principalmente al sector agrícola. Durante la creación del marco de acción especialmente del desarrollo de iniciativas económicas y productivas en la agricultura, impulsado por el organismo español no gubernamental **Ayuda en Acción** se constituye la **Empresa LA UNION S.A.** fortaleciendo las capacidades técnicas y tecnológicas productivas de las fincas de pequeñas parcelas en la comunidad agrícola las Mercedes en el municipio de Quezalguaque, a través de la implementación de tecnología de riego localizado (riego por goteo), con el fin de diversificar la producción a través de la siembra de rubros no tradicionales (Chiltoma, Pepino y Pipian).

Los sistemas de riego localizado (riego por goteo) existentes en estas pequeñas parcelas en la comunidad y en especial en las 5 fincas a evaluar administradas por la **Empresa la UNION S.A.** se instalaron desde hace 3 años, cumpliendo líneas estratégicas de desarrollo agrícola. Las cuales cada una de ellas fueron equipadas con 1 bomba sumergible de 1.5 Hp y un modulo de riego por goteo para 1 Mz. Estos sistemas desde que se instalaron hasta la actualidad presentan muchas deficiencias hidráulicas como fugas y perforaciones producto del mal manejo de los pequeños productores y uno que otro roedor. Cabe destacar que no se les ha brindado mantenimiento al sistema de riego instalado cumpliendo un funcionamiento de 2 Hr/día sin cambio de mangueras o cintas, lo cual no garantiza un elevado volumen de producción y una eficiencia en el sistema de riego. Debido a esta incertidumbre realizamos un estudio técnico que consistió en evaluar la eficiencia del sistema de riego por goteo en los cultivos de chiltoma, Pepino y Pipian; ya que estos constituyen el rubro a sembrar en la comunidad para los próximos 3 años.

## 1.2- OBJETIVOS

### 1.2.1- OBJETIVO GENERAL

Evaluar hidráulicamente los sistemas de riego por goteo de las parcelas comunitarias asistidas por la **EMPRESA LA UNION S.A.**, Quezalguaque, León.

### 1.2.2-OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Analizar las características edafoclimáticas de la zona.
- Determinar las necesidades hídricas de los cultivos (Chiltoma, pepino, Pipían)
- Evaluar la eficiencia del riego por goteo existente en cada parcela.
- Realizar el rediseño de las parcelas que no cumplen con los parámetros de las técnicas de riego.
- Adecuar el diseño de la red de distribución para la implementación de fertirriego en las parcelas.

### 1.3- JUSTIFICACIÓN

La agricultura bajo riego se ha convertido en una de las alternativas de solución para el pequeño productor en vías de desarrollo sostenible del agro con la finalidad de disminuir la pobreza en nuestro país.

Considerando la implementación de sistemas de micro riego instalados por la **EMPRESA LA UNION S.A.**, en parcelas comunitarias, con el propósito de impulsar el desarrollo agrícola de la zona y tomando en cuenta que dichos sistemas presentan deficiencias hidráulicas y por tanto pérdidas económicas considerables al productor, se realizará la evaluación hidráulica del sistema de riego existentes en 5 fincas, rediseñando el sistema de riego para mejorar el uso de la tecnología y un máximo aprovechamiento del sistema, contribuyendo así a un mejor uso del agua de manera tecnológica que incrementará la productividad, beneficiando de gran manera al productor.

### 1.4- ANTECEDENTES

En el occidente del país, especialmente en el departamento de León, a existido desde la ultima década problemas socio-económicos en los campos convirtiendo durante mucho tiempo las áreas de siembra de los pequeños productores en improductivas o explotadas indebidamente, dicha situación se ha venido agravando a partir del huracán **Mitch** que destruyó muchas familias del área rural. A partir de esta problemática se ha creado estrategia de apertura económica que accionen actividades comerciales para el pequeño productor y su familia.

Las consecuencias del huracán fueron realmente severas con daños parciales y totales en sus viviendas como infraestructuras productivas, pérdidas de cosechas, pérdidas de animales, en fin quedaron en una situación lamentable. Sin embargo en estos municipio del departamento de León (Telica y Quezalguaque) se ha venido dando solución de manera práctica a los problemas de los agricultores de estas localidades a través de organismos no gubernamentales (ONG) que ayudan o habilitan acciones en conjunto con los pequeños productores, un ejemplo de ello es la **EMPRESA LA UNION S.A.** financiada por el **ONG Español Ayuda en Acción**, ubicada en la comunidad de Las Mercedes, municipio de Quezalguaque, León.

Uno de los objetivos más importantes de esta empresa es brindar capacitación técnica y tecnología productiva a los pequeños productores, siendo capaz de implementar procesos nuevos de desarrollo a través de los sistemas de riego por goteo, con el cual se ha diversificado la producción de los cultivos no tradicionales de la zona (chiltoma, pepino y pipían). Por esto realiza estudio para valorar el buen funcionamiento de los sistemas de riego existentes en 5 fincas que aplican riego por goteo a pequeñas parcelas a través de una evaluación técnica. Ante esta situación y con el apoyo de dicha empresa se propuso elaborar este estudio evaluando el funcionamiento de los diseños de dichas instalaciones, a fin de mejorar su eficiencia para la producción agrícola.

## 1.5-LOCALIZACION DEL AREA DE ESTUDIO

### 1.5.1-Ubicación Geográfica del Municipio de Quezalguaque en el departamento de León.

El municipio de Quezalguaque se localiza en la zona de la planicie occidental de Nicaragua, perteneciente a la jurisdicción administrativa del Departamento de León, limita al Norte con los municipios de Posoltega y Telica, al Sur con el municipio de la ciudad de León, al Este con el municipio de Telica y al Oeste con los municipios de Posoltega y Chichigalpa pertenecientes al departamento de Chinandega.

La cabecera municipal de Quezalguaque se encuentra ubicada a 118 km de la capital Managua y a 17 km de la ciudad de León en la región nor-occidental del país y tiene una extensión territorial de 80 km<sup>2</sup>.

(Ver anexo IV mapas # 1)

### 1.5.2-Ubicación del Proyecto

El Proyecto “**Evaluación Hidráulica de los Sistemas de Riego por Goteo de las Parcelas Administradas por la Empresa La UNION S.A. Quezalguaque, León**” y la **Empresa La UNION S.A.** están ubicadas en la comunidad o comarca Las Mercedes perteneciente al municipio de Quezalguaque, Km 106 carretera León-Chinandega km 106 y a unos 5 km de la cabecera municipal en latitud 12°32'07” y longitud 86°54'37” sector 12.

(Ver anexo IV mapas # 2)

### 1.6- CARACTERISTICAS GENERALES DEL AREA DE ESTUDIO

El municipio de Quezalaguaque es el mas pequeño en extensión territorial de todos los municipios del departamento y el segundo mas densamente poblado, después de León.

Alcanza una población de 9,897 habitantes, de los cuales el 20.2%, unos 2,000 habitantes se concentran en el área urbana y el 79.8%, unos 7,897 habitantes en la zona rural.

El sector urbano esta conformado por los siguientes barrios:

- Bo. Quezalaguaque
- Reparto Daniel Avendaño
- Bo. El Porvenir

El sector rural esta compuesto por las siguientes comarcas:

- |  |                              |
|--|------------------------------|
| • Comarca Las Mercedes                   | • Comarca Puntarenas         |
| • Comarca El Paciente N <sup>o</sup> . 1 | • Comarca Los Remedios       |
| • Comarca Cristo Rey                     | • Cantarrana                 |
| • Comarca Los Portillos                  | • Comarca La Ceiba Chachagua |
| • Comarca La Praga                       | • Comarca Boquerón           |
| • Punta Caliente                         | • Comarca Paso Benito        |
| • Comarca Paciente N <sup>o</sup> . 2    | • Comarca La Estación        |

Quezalaguaque tiene una topografía relativamente plana con paisajes montañosos, la temperatura media anual es de 27°C en los meses más frescos y superior a los 30°C en los meses más calurosos, la precipitación media anual varia de un mínimo de 1400 mm hasta un máximo de 2000 mm. El municipio tiene un clima seco y calido, que se caracteriza por presentar una marcada estación seca de 4 a 6 meses de duración.



## 2.0-CULTIVOS Y CONDICIONES EDAFOCLIMATICAS

### 2.1-CULTIVO DE LA CHILTOMA (*Capsicum annuum*)

#### 2.1.1-ORIGEN

El pimiento o chiltoma es originario de la zona de Bolivia y Perú.

#### 2.1.2-TAXONOMIA Y MORFOLOGIA

-Familia: *Solanaceae*.

-Especie: *Capsicum annuum* L.

-Planta herbácea perenne.

-Sistema radicular pivotante y profundo (dependiendo de la profundidad y textura del suelo).

-Tallo principal de crecimiento limitado y erecto.

-Fruto de baya hueca, de color variable (verde, rojo, amarillo, naranja, violeta o blanco).

#### 2.1.3-ETAPAS DE DESARROLLO DEL CULTIVO

Tabla # 2.1

Etapas de desarrollo del cultivo	
Etapas	Duración en días
Inicial.	28
Vegetativa.	45
Floración.	9
Formación de cosecha.	20
Cosecha.	35

Fuente: Propia.

## **2.1.4-REQUERIMIENTOS EDAFOCLIMÁTICOS**

### **2.1.4.1- Clima**

Es una planta exigente, necesita un clima con temperatura de 20 °C y 25°C.

### **2.1.4.2-Humedad**

La humedad relativa óptima oscila entre el 50% y el 70%.

### **2.1.4.3-Suelo**

Los suelos más adecuados para el cultivo del pimiento son los franco-arenosos, profundos, ricos, materia orgánica del 3-4% y principalmente bien drenados. Los valores de pH óptimos oscilan entre 6,5 y 7.

## **2.1.5-VARIEDADES**

### **2.1.5.1-Variedades más importantes.**

Pueden considerarse tres grupos varietales de chiltomas.

- **Variedades dulces**
- **Variedades de sabor picante**
- **Variedades para la obtención de pimentón**

Dentro de las variedades del fruto dulce se pueden diferenciar tres tipos de chiltoma:

- Tipo California: frutos cortos.
- Tipo Lamuyo: frutos largos y cuadrados de carne gruesa.
- Tipo Italiano: frutos alargados, estrechos, acabados en punta, de carne fina.

## 2.1.6- PARTICULARIDADES DEL CULTIVO

### 2.1.6.1-Época de siembra

La chiltoma se siembra entre los meses de abril a octubre.

### 2.1.6.2-Control de Plagas.

- Araña blanca (*Polyphagotarsonemus latus* (Banks) (ACARINA: TARSONEMIDAE))
- Araña roja (*Tetranychus urticae* (koch) (ACARINA: TETRANYCHIDAE), *T. turkestan* (Ugarov & Nikolski) (ACARINA: TETRANYCHIDAE) y *T. ludeni* (Tacher) (ACARINA: TETRANYCHIDAE))
- Pulgón (*Aphis gossypii* (Sulzer) (HOMOPTERA: APHIDIDAE) y *Myzus persicae* (Glover) (HOMOPTERA: APHIDIDAE))
- Nematodos (*Meloidogyne javanica*, *M. javanica*, *M. arenaria* y *M. incógnita* (TYLENCHIDA: HETERODERIDAE))
- Oruga verde (*Spodoptera exígua* (Hübner) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE), *Spodoptera litoralis* (Boisduval) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE), *Heliothis armigera* (Hübner) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE), *Heliothis peltigera* (Dennis y Schiff) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE), *Chrysodeisis chalcites* (Esper) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE), *Autographa gamma* (L.) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE))

## 2.2-CULTIVO DEL PEPINO

### 2.2.1-ORIGEN

El pepino es originario de las regiones tropicales del sur de Asia.

### 2.2.2-TAXONOMÍA Y MORFOLOGÍA

-Familia: *Cucurbitaceae*.

-Especie: *Cucumis sativus* L.

-Planta: herbácea anual.

-El sistema radicular es muy potente.

-Tallos principales son angulosos y espinosos, de porte rastrero y trepador.

-Los frutos son de aspecto pepónide ásperos o lisos, dependiendo de la variedad.

### 2.2.3-ETAPAS DE DESARROLLO DEL CULTIVO

Tabla # 2.2

Etapas de desarrollo del cultivo	
Etapas	Duración en días
Inicial.	10
Vegetativa.	18
Floración.	37
Formación de cosecha.	23
Cosecha.	23

Fuente: Propia.

## **2.2.4- REQUERIMIENTOS EDAFOCLIMÁTICOS**

### **2.2.4.1-Clima**

Temperaturas que durante el día oscilen entre 25 y 30 °C.

### **2.2.4.2-Humedad**

Humedad relativa óptima durante el día del 60-90%.

### **2.2.4.3-Suelo**

El pepino puede cultivarse en cualquier tipo de suelo de estructura suelta, bien drenado y con suficiente materia orgánica. El pH óptimo oscila entre 5,5 y 7.

## **2.2.5-VARIEDADES**

### **2.2.5.1-Variedades más importantes**

- Pepino Corto y Pepinillo (tipo Español).
- Pepino Medio Largo (tipo Francés).
- Pepino Largo (tipo Holandés)

## **2.2.6-PARTICULARIDADES DEL CULTIVO**

### **2.2.6.1-Época de siembra**

El pepino puede cultivarse todo el año.

### 2.2.6.2-Control de plagas

- Trips (*Frankliniella occidentalis* (Pergande) (THYSANOPTERA: THRIPIDAE))
- Minadores de hoja (*Liriomyza trifolii* (Burgess) (DIPTERA: AGROMYZIDAE), *Liriomyza bryoniae* (DIPTERA: AGROMYZIDAE), *Liriomyza strigata* (DIPTERA: AGROMYZIDAE), *Liriomyza huidobrensis* (DIPTERA: AGROMYZIDAE))

## 2.3-CULTIVO DE PIPIAN

### 2.3.1-ORIGEN

Planta que pertenece a la familia de las cucurbitáceas, Considerándose originaria de mesoamerica.

### 2.3.2-TAXONOMIA Y MORFOLOGIA

-Familia: *Cucurbitaceae*.

-Especie: *Cucúrbita mixta*

-Planta: herbácea anual.

-Raíz: La planta con sistema radicular esta constituido por una raíz principal.

-El Tallo es rastrero, con vellosidades en tallos, ramas y hojas.

-Las hojas son grandes en forma acorazonada generalmente con manchas blancas.

-Los frutos son variable, de diferentes colores, textura gruesa, con fibras suaves, no gelatinosa y posee semilla de color blanco o beige que se separan fácilmente de la pulpa.

### 2.3.3-ETAPAS DE DESARROLLO DEL PIPIAN.

Tabla #2.3

Etapas de desarrollo del cultivo	
Etapas	Duración en días
Inicial.	8
Vegetativa.	32
Floración.	21
Formación de cosecha.	31
Cosecha.	16

Fuente: Propia.

### 2.3.4- REQUERIMIENTOS EDAFOCLIMÁTICOS

#### 2.3.4.1- Clima, temperatura y humedad.

Su rango óptimo se encuentra entre los 22°C y 32°C. No soportan humedad excesiva.

#### 2.3.4.2-Suelo.

Adaptables a diferentes tipos de suelos y un ph de 5.0 a 7.5.

### 2.3.5-VARIEDADES

#### 2.3.5.1-Variedades más importantes.

- Redondeados
- Lisos
- Alargados
- Blancos
- Alargados con estrangulamiento
- Verdes
- Rayados

## 2.3.6-PARTICULARIDADES DEL CULTIVO

### 2.3.6.1-Época de siembra

Por lo general las siembras se realizan en los meses de Mayo y junio.

### 2.3.6.2-Control de plagas

- Barrenador del pepino y pipian: *Diaphania hyalinata* (L) y *Diaphania nitidalis* (Stoll), *Lepidoptera*.
- Mosca blanca: abacoabaco (*Gennadius*), (*Homoptera*).
- Gallina ciega: *Phyllophaga* sp.
- Nematodo agallador (*Meloidogyne* spp).

## 2.4-PROGRAMACION DE RIEGO

### 2.4.1-Programación local del riego para la Chiltoma, Pepino y Pipian.

La frecuencia de riego esta sujeta al tipo de condiciones ambientales donde las plantas se desarrollan. Las fincas en estudio se riegan diariamente (1dia) durante una jornada aproximada de 2 horas mediante riego por goteo en todas las etapas de los cultivos, esto por presentar un clima sabana tropical, seca y cálida.

(Observar tabla # 2.4)



**TABLA # 2.4**

Etapas	Jornada en Horas		
	Chiltoma	Pepino	Pipían
Inicial.	0.32 - 0.38	0.43	
Vegetativa.	0.77 - 0.80	0.75 – 0.90	
Floración.	1.19 - 1.27	1.22 - 1.27	
Formación de cosecha.	1.13	1.01 - 1.07	
Cosecha.	1.01 - 1.06	0.82 - 0.86	

Fuente: Propia

## **2.5-CONDICIONES EDAFOCLIMATICAS DE LA ZONA.**

### **2.5.1- RELACION AGUA, SUELO, PLANTA.**

El conocimiento de las relaciones de interacción entre estos elementos, es de gran importancia para la agricultura con riego, e involucra los siguientes aspectos:

- La capacidad del suelo para retener agua y permanecer bien drenado.
- Las características del flujo del agua en los suelos.
- Las propiedades físicas del suelo incluyendo el contenido de materia orgánica.
- Las propiedades químicas del suelo incluyendo concentraciones de sales solubles y nutrientes debido al movimiento, uso y evaporación del agua localizada en el suelo.

El conocimiento de estas relaciones facilita la elaboración de un adecuado plan de riego que permita realizar una explotación racional de los recursos disponibles.

### 2.5.2-SUELO

Es la parte superficial de la corteza terrestre, que está en contacto con la atmósfera y conformada por partículas orgánicas, inorgánicas y organismos vivos. Este, es el sitio donde se encuentran todos los nutrientes y el agua que las plantas necesitan para su desarrollo, crecimiento y producción de cosecha, así mismo, es la base en donde descansan sus raíces.

El conocimiento de las características físico-químicas del suelo es fundamental para comprender el papel que juega el agua y su influencia en los cultivos, así mismo comprender el papel del suelo como reservorio y los factores que afectan su desempeño permitiéndonos hacer un uso racional de los recursos suelo y agua.

Los suelos del sitio en estudio, pertenecen a la serie suelos Chichigalpa y Telica.

Los suelos Chichigalpa son suelos casi planos, profundos franco en la superficie y en el subsuelo, bien drenado, moderadamente permeable, retención de humedad disponible moderadamente alta con un contenido de materia orgánica moderadamente alto en la superficie y moderado en el subsuelo, el Fósforo es bajo, el Potasio medio alto y el PH es neutro.

Los suelos Telica presentan una o varias limitaciones que restringen levemente su uso y manejo, presentando pendientes entre 1.5% - 4% y se encuentran levemente erosionados, con una textura franco arenoso, fino y substrato arcilloso a moderada profundidad.

Según el manual de clasificación de suelos elaborado por el Departamento de Suelos y Taxonomía del Ministerio de Agricultura y Ganadería MAG/ CATASTRO, estos suelos reciben la siguiente clasificación:

### **CCa- I**

CC: Serie Chichigalpa.

a: Grado de pendiente, casi plano.

I: El uso de estos suelos requiere buen manejo de práctica de conservación.

### **TEb-IIe**

TE: Serie Telica

b: Grado de pendiente, 1.5% - 4%, ligeramente ondulado o inclinado.

II: El uso de estos suelos requiere ciertas prácticas de conservación.

e: Riesgo de erosión.

#### **2.5.2.1 -Textura del suelo.**

Es una propiedad muy estable de los suelos; el término se refiere a la proporción relativa de los tres diferentes tamaños de partículas primarias del suelo (arenas, Limos y arcillas), estando determinada por el tamaño de las mismas. Para propósitos de riego, los suelos que mejor se comportan son los francos, en vista de que los suelos arenosos retienen muy poca agua y aunque lo hacen a tensiones bajas, estos volúmenes resultan insuficientes para los requerimientos hídricos de los cultivos. Por otra parte los suelos arcillosos acumulan mayor cantidad de agua, pero la retienen con mayor tensión de humedad, razón por la cual la planta necesita un mayor esfuerzo para extraerla del suelo.

Los tipos de texturas de las fincas en estudio se definen como **Franco Arenosos**. Estos suelos son de humedad moderada, la cual requiere un plan de riego moderado que garantice una excelente absorción de los nutrientes por parte de la planta. Estos nutrientes están presente en estos suelos de forma medio a alto.

### **2.5.2.2-Estructura del suelo.**

Es la característica de los suelos de poder agrupar y estabilizar las partículas primarias (arena, limos y arcillas). El término se refiere a las formas en que estas están agrupadas formando agregados o terrones, gracias a la unión de partículas gruesas que actúan como armazón y partículas finas que sirven como cementante. Los suelos agrícolas generalmente no presentan una estructura definida por que han sido alterados por el uso de implementos y maquinarias agrícolas durante la preparación de suelos o labores culturales o degradación a como es el caso en las zonas de estudio.

### **2.5.2.3-Propiedades químicas del suelo.**

Pueden influir grandemente en la irrigación, al afectar las propiedades hidráulicas de este; por ejemplo, los suelos que tienen un exceso de sales son clasificados como salinos y los que tienen exceso de sodio intercambiable se definen como suelos sódicos. Los primeros tienden a retardar el proceso de germinación y reducir sustancialmente el crecimiento de las plantas debido a la alta presión osmótica con que retienen el agua. Estas presiones reducen la capacidad de la planta de absorberla. Por su parte los suelos sódicos tienen estructura muy pobre debido a la propiedad de hincharse y expandirse, lo cual tiende a reducir el espacio poroso y la permeabilidad del suelo al agua.

### **2.5.2.4-Acidez del suelo (PH).**

La acidez o alcalinidad de los suelos induce al conocimiento de los porcentajes de materia orgánica presente en el mismo y la cantidad de compuestos como carbonatos de calcio y otros. La cantidad de materia orgánica de un suelo se puede calcular usando un medidor de acidez del suelo llamado pehachímetro de cinta.

Los suelos en estudio tienen un PH de 7.10 lo que los clasifica como suelos neutros, esto nos indica que no se tendrá problemas de acidez ni alta alcalinidad con los cambios de humedad en el suelo al aplicar el riego.

### **2.5.2.5-Cantidad de materia orgánica del suelo.**

Es la cantidad de elementos productos de la biodegradación de plantas y animales presentes en el suelo. La cantidad de Materia Orgánica presente en el suelo es importante para la actividad de irrigación de cultivos agrícolas por que influye en el movimiento del agua en el suelo, así mismo influyen en la textura del mismo y es fuente de nutrientes necesaria para el desarrollo de las plantas.

Los suelos del sitio en estudio presentan 3.50% de materia orgánica que por estar en el rango de contenido de macronutrientes de 2 a 4 indican una cantidad media.

(Ver capítulo V, tabla 5.7)

### **2.5.2.6-Capacidad de campo del suelo (CC).**

Es una constante característica para cada suelo. El término se refiere al contenido de humedad presente en el suelo, retenida por el micro-poro en contra de la fuerza de gravedad dos o cuatro días después de una fuerte lluvia o de un riego abundante. Esta es la llamada humedad aprovechable o agua capilar.

### **2.5.2.7-Humedad disponible en el suelo.**

Es la capacidad que tiene el suelo de almacenar agua y está determinada por la capacidad de Campo y el Punto de Marchitez Permanente. Se expresa en porcentaje de peso de suelo seco. El valor oscila entre 3% - 5% para suelos arenosos y hasta 15% en suelos arcillosos.

El agua disponible no es 100% aprovechable por las plantas; y a medida que disminuye el contenido de humedad en el suelo por efectos de evapotranspiración, es mayor el esfuerzo de las raíces para aprovechar el agua.

Existen varios métodos para calcular la humedad disponible de un suelo, algunos de ellos son: Método Gravimétrico, el del Alcohol, método del Carburo, de Resistencia eléctrica, uso de tensiómetros y el método de los neutrones rápidos; los dos primeros son directos y el resto son indirectos.

### **2.5.2.8-Limitaciones topográficas.**

Las restricciones en la selección de un sistema de riego debido a la topografía incluyen: profundidad del nivel freático, elevación y localización de la fuente de abasto, límites del campo, localización de los caminos y carreteras, líneas de electricidad, gas y otros. La pendiente del terreno es muy importante, ya que, esta y la textura del suelo determina el drenaje del mismo y hasta cierto punto la elección del sistema de riego.

Las fincas en estudio, no presentan limitaciones respecto a la ubicación de líneas de electricidad ya que se encuentran en lugares donde pasa el tendido eléctrico. El nivel freático está en promedio de 23 m de la superficie del terreno, lo que no significa inconveniente alguno por que la fuente de abasto es un pozo perforado tradicionalmente con sistema eléctrico para el uso de la bomba.

(Ver anexo II tabla #23)

Así mismo, las fuentes están ubicadas en un sitio a orillas de las áreas de riego y a la par de la casita de los campesinos dueños de las fincas. Las pendientes en estas fincas oscila entre 2.5% - 2.8% caracterizando el área como ligeramente ondulada o inclinada.

(Ver anexo II tabla #26).

### **2.5.3-AGUA**

El agua es el líquido transparente, incoloro, inodoro e insípido, compuesto por una combinación de Oxígeno e Hidrógeno. Es el medio que usan las plantas para absorber los nutrientes disponibles en el suelo y satisfacer sus necesidades fisiológicas.

#### **2.5.3.1-Punto de Marchites Permanente (PMP).**

Hablar de PMP, es hablar del agua higroscópica, es decir, el agua que es retenida por los micro poros a tensiones de humedad muy altas (15 atmósferas o más), tal que las plantas no son capaces de aprovecharla, provocándoles la pérdida de turgencia y una marchites irreversible aun cuando sean sometidas a un ambiente húmedo.

El PMP, al igual que la capacidad de Campo se calcula en laboratorio, también se usa el método del alcohol, tomando una muestra de suelo de una parcela con un cultivo índice (cultivo usado como parámetro de referencia), el cual se ha dejado sin riego hasta alcanzar la marchites permanente.

Luego se pesa la muestra, se quema con alcohol y se vuelve a pesar, con los datos obtenidos se aplica la fórmula de que utilizamos para el cálculo de la Capacidad de Campo.

### **2.5.3.2-Acidez del agua (PH).**

En ocasiones en el agua de riego vienen disueltos algunos iones como el sodio (Na), Cloro (Cl), Boro (Bo) etc, que se pueden acumular en concentraciones lo suficientemente altas como para alterar el PH del suelo y en consecuencia afectan el desarrollo y crecimiento del cultivo y merman cuantitativa y cualitativamente la productividad del los cultivo, suelo y planta.

El agua de riego en las fincas presenta un PH de 6.64 casi neutro con poco peligro de afectaciones de acidez. Un PH comprendido entre 7.5 y 8 suele indicar la presencia de Carbonato de Calcio, cuando pasa de 8 es probable la presencia de Sodio, y cuando este último está en presencia de Sulfatos y Cloruros el PH no suele llegar a los 8.5, pero cuando está bajo las formas de Carbonatos superan este valor.

### **2.5.3.3-Salinidad del agua.**

La presencia de sales solubles en el agua de riego, puede alterar las características del suelo aumentando la tensión osmótica con que este la retiene, y por tanto la planta tiene que hacer mayor esfuerzo de succión para absorberla. Todo esto se traduce como una disminución de la disponibilidad de agua para la planta.

En el contexto de nuestro estudio, el agua presenta una salinidad potencial de 1.77meq/L (miliequivalente/litro) y salinidad efectiva de 0.88meq/L (miliequivalente /litro), así mismo, por el valor de la conductividad eléctrica  $CE=442$  us/cm, el agua es de salinidad media, lo que significa que puede ser usada si hay practica de lavado moderado o se orienta la productividad hacia cultivos con cierta tolerancia a las sales.



También el agua es baja en sodio presentando 1.52 meq / L y RAS<10, lo que significa que el agua puede ser utilizada para riego agrícola con poca probabilidad de alcanzar niveles peligrosos de sodio intercambiable.

### **2.5.4-CLIMA.**

Es un fenómeno natural complejo compuesto por el conjunto de tiempos posibles, su distribución en el año, estación o período, la influencia y secuencia en los mismos. En los primeros 1.5 m de altura se producen fuertes oscilaciones de temperatura que influyen en gran manera los procesos fisiológicos de los cultivos desde la germinación hasta la época de cosecha.

El clima que caracteriza las condiciones del sitio en estudio o el municipio y todas sus comunidades es un clima seco y cálido, que se caracteriza por presentar una marcada estación seca de 4 a 6 meses de duración, principalmente de noviembre a abril, este clima no permite el mantenimiento de bosques densos, predominando en cambio amplias llanuras, aunque gran parte de sus habitantes se dedican a actividades agrícolas y ganaderas.

Predominando una canícula de 30 días que inicia normalmente el 15 de Julio y finaliza el 15 de Agosto. Sin embargo, estas condiciones en ocasiones son alteradas por las severas oscilaciones climáticas características del lugar en los últimos años.

#### **2.5.4.1-PRECIPITACION.**

Se entiende como todas las formas de aporte de humedad al suelo desde las nubes; esta, es fundamental en lugares de cultivo sin riego; la lluvia es la forma en que se presentan las precipitaciones en Nicaragua, aquí la precipitación presenta tres niveles de intensidad:

- a. Ligera; para tasas de caídas hasta de 2 mm/h.
- b. Moderada; desde 2.5 mm/h hasta 7.6 mm/h.
- c. Fuerte; por encima de los 7.6 mm/h.

Según Köppen Nicaragua presenta las siguientes zonas climáticas de acuerdo con las precipitaciones del sitio:

- a. Sabana tropical, son sitios con precipitaciones que oscilan desde 800 mm hasta 1500 mm anuales.
- b. Tropical Monzónico, lugares con precipitaciones desde 1500 mm hasta 2500 mm anuales.
- c. Tropical húmedo, sitios con precipitaciones desde 2500 mm hasta 6000 anuales.

El sitio en estudio, presenta niveles de precipitación medio por el orden de los 1494.3 mm anuales, clasificando al clima de la zona en estudio como sabana tropical por estar en el rango de 800mm a 1500 mm anuales.

(Ver anexo II tabla 2).

### **2.5.4.2-TEMPERATURA.**

Es un elemento climatológico muy influyente en el comportamiento de los cultivos; ya que afecta directamente los procesos fisiológicos importantes de las plantas como la germinación, floración, formación y maduración de los frutos y hasta el riego mismo.

En el caso específico del sitio en estudio, se presentan temperaturas extremas que oscilan desde los 25.7°C hasta los 31.2°C, con valores medios desde 26°C hasta 30°C. Durante el período en estudio (Enero a Mayo) las temperaturas medias se comportan como se indica a continuación.

**Tabla # 2.5: Comportamiento de la temperatura media del sitio en relación a los rangos de temperatura optima del cultivo Chiltoma.**

MES	ETAPA	TEMP. MEDIA (°C)	CLASIFIC.
Enero	Inicial	27.1	Buena
Febrero	Inicial	28.0	Buena
Febrero	Vegetativa	28.0	Buena
Marzo	Vegetativa	28.9	Buena
Marzo	Floración	28.9	Optima
Abril	Floración	29.6	Aceptable
Abril	Formación Cosecha	29.6	Aceptable
Abril	Cosecha	29.6	Aceptable
Mayo	Cosecha	28.5	Aceptable

Fuente: Resumen meteorológico anual, estación León (Aerop Godoy) / León.

(Ver anexo II tabla #4).

**Tabla # 2.6: Comportamiento de la temperatura media del sitio en relación a los rangos de temperatura optima del cultivo Pepino.**

MES	ETAPA	TEMP. MEDIA (°C)	CLASIFIC.
Enero	Inicial	27.1	Optima
Enero	Vegetativa	27.1	Máxima
Febrero	Vegetativa	28.0	Máxima
Febrero	Floración	28.0	Máxima
Marzo	Floración	28.9	Máxima
Marzo	Formación Cosecha	28.9	Máxima
Abril	Formación Cosecha	29.6	Máxima
Abril	Cosecha	29.6	Máxima
Mayo	Cosecha	28.5	Máxima

Fuente: Resumen meteorológico anual, estación León (Aerop Godoy) / León.

(Ver anexo II tabla #4).

**OBSERVACIÓN:** Las temperaturas en el sitio de estudio son altas a como se puede apreciar en la tabla anterior, comparadas a las requerida por el cultivo del Pepino para un buen desarrollo y rendimiento, sin embargo los productores cultivan este producto en esta época, obteniendo un rendimiento satisfactorio, esto se debe a la adaptación de la variedad (tipo español) que en este lugar han acostumbrado a cultivar.

**Tabla # 2.7: Comportamiento de la temperatura media del sitio en relación a los rangos de temperatura optima del cultivo Pipian.**

MES	ETAPA	TEMP. MEDIA (°C)	CLASIFIC.
Enero	Inicial	27.1	Muy bueno
Enero	Vegetativa	27.1	Muy bueno
Febrero	Vegetativa	28.0	Optima
Febrero	Floración	28.0	Optima
Marzo	Floración	28.9	Optima
Marzo	Formación Cosecha	28.9	Optima
Abril	Formación Cosecha	29.6	Bueno
Abril	Cosecha	29.6	Bueno
Mayo	Cosecha	28.5	Optima

Fuente: Resumen meteorológico anual, estación León (Aerop Godoy) / León.

(Ver anexo II tabla #4).

#### **2.5.4.3-HUMEDAD RELATIVA (HR)**

Es la relación que existe entre la cantidad de humedad contenida en un espacio y la que podría contener si estuviera saturado. Su medición es uno de los procesos instrumentales menos precisos y lo hacen con instrumentos llamados psicrómetro, higrómetro de cabello y el higrógrafo de cabello.

La HR, tiende a aumentar con latitud contrario a la temperatura, disminuye con la elevación y es mayor sobre suelos con vegetación que en los suelos áridos (Moreno 1994). Siendo mayor sobre los océanos y disminuyendo hacia el interior de los continentes.

El sitio en estudio presenta valores medios mínimos de humedad relativa de orden 63.4% y máximos de orden 86.7%; durante los meses de observación presenta los siguientes datos medios de humedad relativa:

**Tabla # 2.8: Comportamiento de la humedad relativa en relación con los rangos óptimos para el cultivo de la Chiltoma.**

MES	ETAPA	H.R (%)	CLASIFIC.
Enero	Inicial	67.7	Optimo
Febrero	Inicial	63.4	Optimo
Febrero	Vegetativa	63.4	Optimo
Marzo	Vegetativa	63.9	Optimo
Marzo	Floración	63.9	Optimo
Abril	Floración	65.3	Optimo
Abril	Formación Cosecha	65.3	Optimo
Abril	Cosecha	65.3	Optimo
Mayo	Cosecha	75.1	Bueno

Fuente: Resumen meteorológico anual, estación León (Aerop Godoy) / León.  
(Ver Anexo II, tabla # 3).

**Tabla # 2.9: Comportamiento de la humedad relativa en relación con los rangos óptimos para los cultivos del Pepino y Pipian.**

MES	ETAPA	H.R (%)	CLASIFIC.
Enero	Inicial	67.7	Optima
Enero	Vegetativa	63.4	Optima
Febrero	Vegetativa	63.4	Optima
Febrero	Floración	63.9	Optima
Marzo	Floración	63.9	Optima
Marzo	Formación Cosecha	65.3	Optima
Abril	Formación Cosecha	65.3	Optima
Abril	Cosecha	65.3	Optima
Mayo	Cosecha	75.1	Buena

Fuente: Resumen meteorológico anual, estación León (Aerop Godoy) / León.

(Ver Anexo II, tabla # 3).

#### **2.5.4.4-VELOCIDAD DEL VIENTO.**

Es el aire en movimiento, e influye en los procesos hidrometeorológicos del cultivo, así como en la evaporación y las precipitaciones. Se mide por medio de instrumentos llamados anemómetro, anemógrafo o anemocinemógrafo. En el sitio del proyecto, los vientos oscilan desde velocidades medias en el orden de los 1.3 m/seg  $\approx$  112.32 Km/día hasta valores altos de 3.0 m/seg  $\approx$  259.2 Km/día. (Ver anexos II, tabla #5).

#### 2.5.4.5-HORA DE INSOLACION (LUMINOSIDAD).

La cantidad de horas de sol durante el día, influye directamente en los procesos fisiológicos de los cultivos como la floración, fructificación, absorción de elementos del suelo. Durante el período en estudio la iluminación solar se presenta de la siguiente manera:

**Tabla # 2.10: Promedio de horas sol en el sitio durante los meses de producción**

Mes	Hora media del sol diario
Enero	9.02
Febrero	9.40
Marzo	9.44
Abril	8.20
Mayo	6.25

Fuente: Estación meteorológica León (AEROP.GODOY) / LEON

#### 2.5.4.6-EVAPORACION.

Consiste en la pérdida de agua del terreno adyacente a la planta, así como la que se pierde directamente de las hojas.

La evaporación es influida por: radiación solar, latitud, estación del año (hora del día), velocidad de los vientos y nubosidad.

**Tabla # 2.11: Promedio de la evaporación de pana en el sitio durante los meses de producción.**

<b>Mes</b>	<b>Evaporación de pana (mm)</b>
Enero	244.0
Febrero	263.2
Marzo	303.8
Abril	276.0
Mayo	226.3

Fuente: Estación meteorológica León (AEROP. GODOY) / LEON  
(Ver anexo II tabla #1).

#### **2.5.4.7-TRANSPIRACIÓN.**

La transpiración ocurre en las hojas a través de las estomas, y es un proceso mediante el cual las plantas pierden agua en forma de vapor como un sistema de defensa ante los efectos del sol y el viento.

#### **2.5.5-PLANTA**

##### **2.5.5.1-COEFICIENTE DE CULTIVO KC.**

Es denominado como coeficiente de corrección de desarrollo del cultivo y representa la capacidad de este para evapotranspiración a lo largo de su ciclo de vida y depende de las características anatómicas y fisiológicas del cultivo y del clima de la zona.

El Kc., varía según el período de crecimiento de las plantas; presentando valores mínimos durante el período inicial y máximos en la fase de desarrollo, que declinan durante el período final. Este dato no es útil cuando la evapotranspiración del cultivo se obtiene a través de cualquiera de los métodos directos.



El Kc, del cultivo de la chiltoma es diferente al del Pepino y Pipian los cuales presentan el mismo comportamiento a lo largo de todas sus fases de desarrollo, lo que se aprecia en la siguiente tabla:

**Tabla # 2.12: Valores de Kc propuestos para los cultivo**

<b>Cultivo</b>	<b>Kc Por Etapa de Desarrollo</b>				
	<b>Inicio</b>	<b>Vegetativa</b>	<b>Floración</b>	<b>Form-Cosecha</b>	<b>Cosecha</b>
Pepino	0.40	0.70	0.95	0.80	0.65
Pipian	0.40	0.70	0.95	0.80	0.65
Chiltoma	0.30	0.60	0.95	0.85	0.80

Fuente: Boletín # 24 de la FAO (Ver anexo II tabla # 32).

#### **2.5.5.2-EVAPOTRANSPIRACION.**

Es un fenómeno natural compuesto, y es la suma de la transpiración y la evaporación y se expresa en mm/día. Para el cálculo de la evapotranspiración se utilizan métodos directos e indirectos experimentales como:

- Evaporímetro clase A: en el sitio de estudio la evapotranspiración no presenta valores mayores que 10.9 mm /día ni menores que 7.9 mm / día.  
(Observar tabla # 2.13)
- Métodos indirectos basados en fórmulas empíricas que utilizan la estadística acumulada de datos meteorológicos como porcentaje de horas luz, radiación solar, temperatura, latitud, humedad relativa, nubosidad, velocidad del viento.

Tabla # 2.13: Valores de Etp en las fases de los cultivos

Valores de Etp en las diferentes etapas de los cultivos										
Cultivo	Chiltoma									
Etapas	Inicial		Vegetativa		Floración		Form. Cosecha		Cosecha	
Fecha	Ene 15	feb 11	Feb 12	Mar 28	Mar 29	Abril 6	Abril 7	Abril 26	Abril 27	May 31
Día	17	11	17	28	3	6	20		4	31
Etp.x etapas (mm / día)	4.74	5.64		5.88		5.52				5.84
Cultivo	Pepino									
Etapas	Inicial		Vegetativa		Floración		Form. Cosecha		Cosecha	
Fecha	Ene 15	Ene 25	Ene 26	Feb 12	Feb 13	Mar 21	Mar 22	Abril 13	Abril 14	May 6
Día	10		6	12	16	21	10	13	17	6
Etp.x etapas (mm / día)	4.74			5.64		5.88		5.52		5.84
Cultivo	Pipian									
Etapas	Inicial		Vegetativa		Floración		Form. Cosecha		Cosecha	
Fecha	Ene 15	Ene 23	Ene 24	Feb 23	Feb 24	Mar 16	Mar 17	Abril 16	Abril 17	May 2
Día	8		8	23	5	16	15	16	14	2
Etp.x etapas (mm / día)	4.74			5.64		5.88		5.52		5.84

Fuente: Propia

### **2.5.5.3-USO CONSULTIVO.**

Conocido con el nombre de uso consultivo o Evapotranspiración del cultivo. Es la cantidad de agua que necesitan las plantas para satisfacer las necesidades de evaporación y transpiración, formación de tejidos, flores y frutos a lo largo de todo su ciclo de vida. Este dato también incluye el agua que se evapora directamente del follaje, de la superficie adyacente a la planta y la que queda interceptada por el follaje.

### **2.6-RIEGO.**

Es la incorporación de agua al suelo de forma artificial, con el fin de aprovechar el agua retenida por este y de esta manera satisfacer el requerimiento hídrico del cultivo.

#### **2.6.1-CONCEPTO Y DESCRIPCION DEL SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO.**

El riego por goteo es un sistema que consiste en llevar el agua necesaria a los cultivos por medio de una red de tuberías, de tal manera que el agua se aplica directamente en el sistema radicular de los cultivos a través de emisores o goteros.

Una manera de describir este sistema es por su característica al aplicar el agua en forma lenta gota a gota a muy baja presión y en caudales pequeños cerca del área radicular de la planta por medio de un sistema de mangueras con emisores integrados.

### **2.6.2-CARACTERISTICAS PRINCIPALES DEL RIEGO POR GOTEÓ.**

- La superficie humedecida es llamada Bulbo Húmedo, tiene la forma de un cono y cuyas dimensiones dependen de las características físicas del suelo, caudal del emisor y tiempo de riego; siendo más angosto y profundo en suelos arenosos y anchos en suelos arcillosos.
- Debido a la forma puntual de aplicar el agua, en este sistema solamente se humedece la parte de suelo más cercana al sistema radicular de la planta y cuando el agua es aplicada al suelo, se infiltra en forma vertical y horizontal.
- Se trabaja con caudales no mayores a los 16 l/h y presiones que no sobrepasan los 14 mca, comúnmente aplicables en goteros autocompensables.
- El sistema permite mantener el suelo en condiciones de humedad óptimas entre saturación y capacidad de campo, para alcanzar un buen desarrollo del cultivo y facilitar labores de fertilización y aplicación de agroquímicos.
- Las pérdidas por evaporación son menores que otros sistemas de riego, pero la transpiración es mayor por que el suelo seco se calienta más, lo que provoca un aumento de temperatura en el follaje.

### **2.6.3-VENTAJAS DEL RIEGO POR GOTEÓ.**

- Utiliza caudales de alta precisión.
- Puede aplicarse sin una nivelación general, lo que exigiría altos costos.
- El costo de energía de bombeo es mas bajo que en otros sistemas.
- Incorpora los fertilizantes en agua de riego de manera uniforme, en concentraciones bajas, de acuerdo a las necesidades del cultivo.
- Es indiferente a velocidades de los vientos.
- Mantiene un nivel alto de humedad en el suelo con un volumen bajo de aplicación.

## **2.6.4-DESVENTAJAS DEL RIEGO POR GOTEO.**

- Alta inversión inicial del sistema dependiendo del cultivo y del grado de automatización.
- Facilidad de obturaciones en los emisores debido a las características de este.
- No puede haber interferencia del riego debido que la aplicación es de alta frecuencia.
- Las mangueras enterradas pueden ser afectadas por roedores y las expuestas a la superficie del suelo por las aves, el sol y el laboreo.
- En zonas de escasa precipitación, el riego por goteo puede causar salinidad en el suelo.
- Debido a la concentración de las raíces en el área limitada del bulbo húmedo hay menos disponibilidad de aprovechar los nutrientes más profundos.

## **2.6.5-ELEMENTOS QUE CONFORMAN UN SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO.**

### **2.6.5.1-Emisores.**

Son los elementos más importantes de las instalaciones de goteo. Deben proporcionar un caudal bajo, con el objetivo que los diámetros de las tuberías sean reducidos, sobre todo los laterales y terciarias. Las grandes longitudes de tuberías que se emplean en el goteo, hacen que un ligero incremento en su diámetro aumente el costo de la instalación.

Por otra parte, la presión en los emisores no debe ser muy baja para minimizar el efecto que sobre la uniformidad del riego tienen los desniveles del terreno y las pérdidas de carga a lo largo de la distribución del agua.

(Ver anexo II tabla #33)

Otra condición que deben cumplir los emisores es que su diámetro de paso ha de ser lo mayor posible con objeto de evitar las obturaciones, que son el mayor problema en el manejo del goteo. La mayoría de los emisores trabajan a una presión próxima a los 10 mca aunque los de alto caudal pueden hacerlo a 20 mca.

Los factores más importantes que definen los tipos de emisores a utilizar son los siguientes:

- Hábito de crecimiento del sistema radicular (profundo o superficial)
- Tipo de suelo (texturas finas, medias o gruesas)
- Diseño de plantación (marco de plantación tradicional, alta densidad o cultivo en hilera).

### **2.6.5.2 -Manqueras o cintas de riego.**

Son tuberías provistas de puntos de emisión muy próximos, lo que las hace muy adecuadas para el riego de cultivos en línea tipo hortalizas. No se debe confundir con las tuberías que llevan goteros embutidos, a diferencia de estas, las mangueras o cintas consisten en dos conductos paralelos, uno principal, del que el agua pasa al secundario a través de un orificio que provoca una primera pérdida de carga y el conducto secundario de donde sale el agua al exterior por un segundo orificio. Las más conocidas en el mercado son: T-tape, Hardie y Bi-wall. Las más utilizadas en las fincas en estudio son las del tipo Eurodrip con goteros autocompensantes ubicados a espaciamientos de 35cm.

(Ver anexo II tabla #33)

#### **2.6.5.3-Lateral.**

Es la tubería de último orden, en la que se conectan los emisores de riego. En el caso de riego por mangueras o cintas extendidas a lo largo de la hilera de plantas, estos elementos serían los propios laterales.

#### **2.6.5.4-Terciaria.**

Es la tubería que alimenta directamente a los laterales, generalmente al principio de cada terciaria se coloca un regulador de presión, que unas veces es automático y otras consiste simplemente en una válvula de compuerta o bola seguida de un manómetro.

#### **2.6.5.5-Tubos y tuberías.**

Tubo es el elemento recto de sección circular y tubería es la sucesión de tubos, piezas especiales y dispositivos convenientemente unidos, mediante juntas, de modo que formen un conducto cerrado.

#### **2.6.5.6-Piezas especiales.**

Son unidades que permiten cambios de dirección, empalmes, derivaciones y variaciones de sección entre otras.

#### **2.6.5.7-Junta.**

Son elementos que sirven para unir tubos y piezas especiales.

### **2.6.5.8- Válvula.**

Es un dispositivo que permite estrangular o interrumpir la corriente líquida, con el fin de reducir presión se utilizan válvulas de compuerta o mariposa. Cuando sólo se desea abrir o cerrar el paso del agua se usan válvulas de esfera. Al posibilitar un tiempo de cierre muy corto se debe evitar los golpes de ariete.

### **2.6.5.9- Válvula de retención.**

Es un dispositivo, que su forma más simple, consiste en una compuerta giratoria, que se abre con el movimiento del líquido y cierra por gravedad o por efecto del mismo líquido impidiéndole su retorno. Es imprescindible su instalación, antes del punto de inyección de fertilizantes, cuando el agua utilizada para riego proviene de una red que se use además para consumo doméstico o pecuario. También es útil para amortiguar los efectos del golpe de ariete.

### **2.6.5.10- Válvula de seguridad.**

Es un dispositivo que permite automáticamente el escape de caudal, para evitar el aumento de presión interna en la tubería, sobre un valor prefijado.

### **2.6.5.11- Ventosa.**

Es un dispositivo que permite salir y/o entrar el aire en las tuberías según el desequilibrio existente entre la presión interior y la atmosférica. Existen tres tipos:

- Las de salida de aire cuando la instalación esta en funcionamiento.
- Las de salida y entrada de aire en llenado y vaciado de las tuberías
- Las que son una combinación de ambas. Este tipo de válvula se encuentra en la tubería de descarga (sarta) de las diferentes fincas en estudio.



### **2.6.5.12-Hidrante.**

Es un dispositivo constituido por una válvula de regulación que permite derivar el agua de la tubería sobre la que se inserta.

### **2.6.5.13-Presión nominal.**

Es un número convencional que coincide con la presión máxima de trabajo a 20°C.

### **2.6.5.14-Presión de trabajo.**

Es el valor de la presión interna máxima para la que se diseñó un tubo con un determinado coeficiente de seguridad que tiene en cuenta las fluctuaciones de los parámetros que pueden producir normalmente durante su uso continuado de 50 años.

### **2.6.5.15-Manómetros.**

Sirven para medir la presión del flujo en la tubería. Los más comunes son los metálicos o tipo bourdon. En estos la presión del líquido se comunica a un tubo flexible curvado, que tiene un extremo cerrado y conectado por un acoplamiento mecánico (engranaje de cremallera) a una indicadora que se mueve sobre una escala graduada.

Es indispensable conocer las presiones existentes, tanto en los diferentes elementos que componen el cabezal como en puntos singulares de la red de riego, con el fin de garantizar el correcto funcionamiento. El conocer la presión también nos permite saber en que momento se deben limpiar los filtros, fertilizar correctamente y comprobar que las piezas especiales funcionan con normalidad.

### **2.6.5.16-Regulador de presión.**

Mantienen un caudal y presión aproximadamente constante, regulándolo dentro de un determinado rango de valores en la entrada. La presión de salida depende de las características hidráulicas de la red de riego. Este tipo de aparato se encuentra en la tubería de descarga (sarta) de las diferentes fincas en estudio.

### **2.6.5.17-Unidad y sub-unidad de riego.**

Sub-unidad de riego es la superficie dominada por un regulador de presión. Al conjunto de sub-unidades que riegan simultáneamente desde un mismo punto se denomina unidad de riego; al conjunto de las unidades que riegan simultáneamente desde un mismo cabezal de riego se denomina unidad operacional de riego.

Actualmente en las fincas en estudio el sistema de riego es un solo conjunto, es decir una misma sub-unidad es una unidad o unidad operacional. Sin embargo el diseño de riego que se pretende proponer estará compuesto de dos sub-unidades formando una unidad de riego con un mismo cabezal.

### **2.6.5.18-Cabezal de riego.**

Es el elemento central de la instalación, su composición puede variar mucho según los casos. En el cabezal de riego o sarta (tubería de descarga) que compone el cabezal, en estos sistemas comúnmente se encuentran la bomba, el equipo de tratamiento de agua, los filtros y el equipo de fertilización.

Existen instalaciones en que los fertilizantes se aplican en el propio cabezal a como será en nuestro diseño, mientras que en otras la aplicación se realiza en el origen de las unidades de riego.

En las fincas no existen tales elementos en sus sistemas en conjunto como equipo de filtrado, pero si un filtro de anilla.

### **2.6.5.19-Filtrado del agua de riego.**

Consiste en retener partículas contaminantes en el interior de una masa porosa o una superficie filtrante.

El tipo o tipos de filtros necesarios en una instalación de riego localizado dependerán de la naturaleza y tamaño de las partículas contaminantes.

### **2.6.5.20-Filtro de anilla.**

La filtración se verifica en la superficie de una o varias mallas fabricadas con material no corrosivo. El filtro de anilla se llena con rapidez, por lo que se utiliza para retener partículas inorgánicas de aguas que no están muy contaminadas.

La calidad del filtrado depende de la apertura que contenga la anilla, lo cual se llama numero de mesh (numero de orificios por pulgada lineal). En el caso de las pequeñas parcelas sus sistemas cuenta con un filtro de 1.5" marca AMIAD.

## **2.7-FERTIRRIEGO.**

### **2.7.1-CONCEPTO DE FERTIRRIEGO**

Es la aplicación de la combinación de agua de riego con los fertilizantes. Esta práctica incrementa notablemente la eficiencia en la aplicación de los nutrientes.

Cuando se usa métodos de riego a presión (goteo, aspersores, micro-aspersores), el fertirriego no es opcional, sino absolutamente necesario.

El riego por goteo solamente humedece el 20% del suelo, y si los fertilizantes son aplicados al suelo separadamente del agua, los beneficios del riego no se verán expresados en el cultivo. Esto se debe a que la eficiencia de la fertilización disminuye mucho, ya que los nutrientes no se disuelven en las zonas secas donde el suelo no es regado. El fertirriego es el único método correcto de aplicar fertilizantes a los cultivos bajo riego.

### **2.7.2-VENTAJA DEL FERTIRRIEGO**

- Los nutrientes son aplicados en forma exacta y uniforme donde están concentradas las raíces activas.
- El control preciso de la tasa de aplicación de los nutrientes optimiza la fertilización, reduciendo el potencial de contaminación del agua subterránea causado por el lixiviado de fertilizantes.
- Permite adecuar la cantidad y concentración de los nutrientes, de acuerdo a la demanda durante el ciclo de crecimiento del cultivo.
- El abastecimiento de nutrientes a los cultivos de acuerdo a la etapa fisiológica, considerando las características del clima y suelo, resultando con altos rendimientos y excelente calidad de los cultivos.

### 2.7.3-FERTILIZANTE PARA FERTIRRIEGO

La entrega directa de fertilizantes a través del sistema de riego exige el uso de fertilizantes solubles y sistemas de bombas e inyectores para introducir la solución nutritiva en el sistema de riego.

Un pre-requisito esencial para el uso de fertilizantes sólidos en fertirriego es su completa disolución en agua. Ejemplos de estos fertilizantes son: nitrato de amonio, cloruro de potasio, nitrato de potasio, urea, monofosfato de amonio, monofosfato de potasio, etc.

#### 2.7.3.1-Fertilizantes simples

Son nutrientes básicos de Nitrógeno (N), Potasio (K) y Fósforo (P). Los agricultores pueden preparar sus soluciones madre disolviendo y mezclando dichos fertilizantes simples, obteniendo así formulaciones "a medida" con distintas concentraciones y relaciones N:P:K, de acuerdo a las necesidades nutricionales de cada cultivo y etapa fisiológica.

Soluciones NK, PK y NPK cristalinas con contenido de por lo menos 9% - 10% de nutrientes (N,  $P_2O_5$ ,  $K_2O$ ) en base a urea, ácido fosfórico y KCl pueden ser preparadas fácilmente por el agricultor en el campo. Así por ej., la aplicación de 2 litros de una solución madre 1-1-1 (3.6-3.6-3.6) en  $1m^3$  de agua de riego, dará una concentración final en el gotero de 72 ppm de N,  $P_2O_5$  y  $K_2O$ .

La solubilidad de los fertilizantes aumenta con la temperatura. Por ejemplo a  $10^{\circ}C$ , las solubilidades de KCl,  $KNO_3$  y  $K_2SO_4$  son 31, 21 y 9 g/100 g  $H_2O$  respectivamente, mientras que a  $20^{\circ}C$  las solubilidades aumentan a 34, 31 y 11 g/100 g  $H_2O$  respectivamente. La mayoría de los fertilizantes absorben calor al ser disueltos, reduciendo la temperatura del agua.

La disolución de ácido fósfórico en cambio produce una reacción exotérmica. Por esto conviene agregar primero ácido fosfórico para aprovechar el aumento de la temperatura y así facilitar la disolución de los fertilizantes agregados a continuación.

### **2.7.3.2-Fertilizantes sólidos compuestos y soluciones fertilizantes líquidas compuestas**

Los sólidos compuestos son mezclas multi-nutrientes ya preparadas, manufacturadas especialmente para su uso en fertirriego. Se presentan en una amplia gama de relaciones N:P:K, con o sin micro nutrientes.

El nitrógeno está en forma de nitrato y de amonio en una relación adecuada, y el potasio es en base a KCl o  $\text{KNO}_3/\text{K}_2\text{SO}_4$ . Por ejemplo: Un fertilizante sólido compuesto NPK 20-20-20 puede ser aplicado en las primeras etapas de un cultivo de Pepino o Pipian y luego en la etapa reproductiva cuando la planta necesita menos fósforo y más potasio, cambiar a un fertilizante 14-7-21.

Los fertilizantes líquidos compuestos tienen una concentración de nutrientes mucho más baja debido a limitaciones de solubilidad (5-3-8; 6-6-6; 9-2-8, etc.).

Soluciones fertilizantes de menor grado son especialmente formuladas por los fabricantes para el invierno, cuando la solubilidad disminuye con las temperaturas bajas. No existe evidencia científica alguna para preferir fertilizantes líquidos o sólidos en fertirriego, los factores a tener en cuenta son el costo, la comodidad y la disponibilidad de transporte, almacenamiento y fertilizantes en el mercado.

### **2.7.3.3-Compatibilidad entre fertilizantes**

La mezcla entre fertilizantes no compatibles y la interacción de estos con el agua de riego, especialmente si son aguas duras y/o alcalinas, puede ocasionar la formación de precipitados en el tanque de fertilización y la obturación de goteros y filtros. Por ejemplo, el nitrato de calcio no puede ser mezclado con ningún fertilizante fosforado o sulfatado porque se forma un precipitado de sulfato o fosfato de calcio; cuando se mezcla sulfato de magnesio con fosfato de amonio forma un precipitado de fosfato magnésico. Esto se evita con el uso de dos tanques de fertilización que permiten separar los fertilizantes que interactúan.

### **2.7.4-LAS PLANTAS Y EL FERTIRRIEGO**

Para programar correctamente el fertirriego se debe conocer el consumo de nutrientes a lo largo del ciclo del cultivo que resulta en el máximo rendimiento y calidad. Las tasas diarias de absorción de nutrientes son específicas para cada cultivo y clima. En la práctica, se divide el ciclo de crecimiento del cultivo según las etapas fenológicas y se definen las diferentes concentraciones o cantidades de nutrientes a aplicarse, con sus respectivas relaciones.

La absorción de nutrientes y por lo tanto las recomendaciones son completamente diferentes según el destino del cultivo y el sistema (a campo abierto o protegido). Basándose en las figuras de absorción de nutrientes del cultivo, se ajustan las cantidades o concentraciones de acuerdo al tipo de suelo.

En suelos pesados, las concentraciones recomendadas son menores que en suelos livianos, debido a la mayor capacidad de retención de nutrientes, cuando se cultiva en substratos inertes, las recomendaciones son aún mayores.

También debe tenerse en cuenta los nutrientes aportados mediante la fertilización de base (en suelos pesados se puede aportar hasta un 40% de los requerimientos de fósforo a través de fertilización de base con TSP o SSP). En el caso de Ca y Mg, se debe descontar su contenido en el agua de riego.

Estas recomendaciones proporcionan la formulación de fertilizantes más adecuada incluyendo los nutrientes básicos NPK y los micros nutrientes de acuerdo al tipo de suelo, a la etapa fisiológica, clima, variedades y otros factores agrotécnicos. *Debe prestarse especial atención al PH, la relación  $\text{NO}_3/\text{NH}_4$ , la movilidad de los nutrientes en el suelo y la acumulación de sales.*

### **2.7.5-DOSIFICACION DEL FERTIRRIEGO EN LOS CULTIVOS**

Para nuestros cultivos (Chiltoma, Pepino, Pipian) se aplica dosis de fertilizantes solubles con distintas concentraciones y relaciones N, P, K de acuerdo a las necesidades nutricionales de cada cultivo en etapas por días.

(Ver anexo II tablas # 34, 35 y 36)

### **2.7.6-SISTEMA DE APLICACIÓN DE FERTILIZANTES E INSTALACION MEDIANTE FERTIRRIEGO ADAPTADO AL SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO.**

Los tanques de fertilización o “abonadoras” (tanques by-pass) son depósitos cerrados, metálicos o fabricados a base de fibra con una capacidad de 30lt a 100lt, normalmente con toma rápida y una tapa para la introducción de la solución fertilizante a la red. Este equipo es adaptado a la red principal del cabezal de riego mediante dos mangueras flexibles con grandes llaves by-pass y a veces manómetros.



Este proceso se basa en la inyección del fertilizante al flujo principal por medio de un depósito cerrado con fertilizante en disolución, colocado en paralelo al mismo por medio de una derivación o by-pass e introduciendo una válvula o un diafragma aforador en la conducción principal. En el tramo afectado por el by-pass, se produce una diferencia de presión de 1-5 mca entre la entrada y salida del depósito. Durante la incorporación del abono al tanque, se mantienen cerradas las dos llaves by-pass que lo comunican con la red de riego impidiendo el paso del agua a través de éste.

Posteriormente se abren las dos llaves by-pass y se deja entreabierta la válvula situada en la red de riego para regular la diferencia de presión que obliga al agua a pasar por la “abonadora”, arrastrando los fertilizantes hacia la red para que se produzca la derivación necesaria de caudal hacia el tanque.

En este sistema de abonado la concentración de fertilizantes en el agua de riego no es constante a lo largo del tiempo de riego, se recomienda fertilizar en los últimos 10 minutos para evitar el lavado.

Este sistema de fertirriego es el más utilizado para pequeñas parcelas debido a su bajo costo y fácil manejo ya que el tanque by-pass es un dispositivo que se usa en fertirrigación como por ejemplo un mismo operador para varias parcelas de riego localizado, con una superficie muy pequeña y distante entre sí. (Ver anexo V fotos # 1 - 4 y anexo I plano # 3)

El tanque by-pass se adapta también al uso de fertilizantes líquidos y soluciones fertilizantes. El control y monitoreo del fertirriego se hace por medio de tensiómetros y extractores de la solución del suelo, colocados a distintas profundidades.

### 2.7.7-SENSIBILIDAD A LAS OBSTRUCCIONES DEL SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO.

Se da por los emisores, ya que las obturaciones para una misma calidad de agua dependen fundamentalmente del diámetro mínimo de su sección de paso, la velocidad del agua a través de esta y de la configuración o diseño de la misma.

Según el diámetro de la sección mínima de paso, los goteros, tuberías emisores y sistemas integrados pueden clasificarse en:

**Tabla # 2.14**

<b>Clasificación de los emisores según su diámetro de salida.</b>	
Muy sensibles a las obturaciones	Ø menor o igual a 0.7 mm
Sensibles	Ø mayor de 0.7 y menor o igual a 1.5 mm
Poco sensibles	Ø mayor de 1.5 mm

Fuente: Curso de post-grado riego por goteo UNI-RUPAP 1999

Los goteros de las cintas utilizadas para el riego en las fincas en estudio tienen un diámetro de paso de agua de 0.75 mm, por lo que se clasifican según la tabla anterior en sensible.

El diseño debe prevenir no solo las posibles obturaciones internas sino también las que pueden producirse de afuera hacia dentro cuando se corta el riego, por efecto de la entrada de aire en la tubería lateral a través de los emisores.

### 2.7.8-TRATAMIENTO QUIMICO DEL AGUA.

Consiste en incorporar algunos productos químicos para prevenir o combatir las obstrucciones causadas por algas, bacterias o precipitaciones químicas. Para solucionar el problema de obstrucciones es necesario conocer su origen.

Los tratamientos químicos más usados son:

- Cloración: Para descomponer la materia orgánica.
- Acidificación: Para disolver precipitados químicos.

### **3.0-PRUEBAS DE CAMPO**

#### **3.1-MEDIDAS DE LA VELOCIDAD DE INFILTRACIÓN.**

La infiltración es definida, como la entrada del agua al perfil del suelo; es un fenómeno de gran importancia en el diseño de métodos de riego. Es la capacidad de infiltración del suelo la que determina la velocidad con que el agua puede ser aplicada a la superficie, sin pérdidas por escurrimiento.

Existen varios métodos para medir la velocidad de infiltración en el campo, entre ellos están:

- Los cilindros infiltrómetros: consiste en verter agua en tres cilindros concéntricos, midiendo la infiltración acumulada a intervalos definidos hasta obtener la infiltración básica.
- El infiltrómetro digital: que consta de dos cilindros concéntricos integrados, perpendicular a ellos se encuentra una varilla con una boya en la punta, que hace subir un indicador que señala los valores de infiltración acumulada en el tiempo. En este estudio se utilizó un infiltrómetro digital para medir la infiltración.

##### **3.1.1-FACTORES QUE AFECTAN LA TASA DE INFILTRACION.**

- Textura y estructura del suelo.
- Condiciones de la superficie del suelo.
- Contenidos y gradientes de humedad en el suelo.
- Tiempo desde el inicio del riego.
- Las temperaturas del suelo y del agua.
- Contenidos de sal en el suelo y el agua.

La mayoría de los factores que controlan la infiltración, también gobiernan el movimiento de agua en el suelo y distribución durante y después del proceso de infiltración.

### **3.1.2-MATERIALES Y EQUIPO.**

- Un infiltrómetro digital.
- Recipiente con agua.
- Tablero (75\*75\*4 cm).
- Cronómetro.
- Hoja de campo para llenar la información, dos para cada observación, (en seco y en húmedo).

### **3.1.3-PROCEDIMIENTO DE CAMPO.**

1. Escoger un sitio representativo del terreno.
2. Limpiar la superficie del suelo donde se realizará la prueba, teniendo cuidado de no alterar la estructura del suelo.
3. Introducir los cilindros del infiltrómetro perpendicular al suelo por lo menos 15 cm dentro del mismo.
4. Verter agua dentro de los cilindros hasta una altura de 30cm. Y tomar las lecturas del nivel del agua de 5 en 5 hasta obtener 160 minutos.
5. Realizar los cálculos necesarios para obtener la velocidad de infiltración e infiltración básica.

Al realizar la prueba en las diferentes fincas se observó que las condiciones del suelo eran de humedad mínima (seco) y mullido, ya que se estaba preparando para la siembra.

### 3.1.4-INTERPRETACION DE LA VELOCIDAD DE INFILTRACION.

Generalmente en los suelos secos el agua se infiltra con mayor rapidez, lo que se conoce como velocidad de infiltración inicial. A medida que los espacios llenos de aire son sustituido por agua la infiltración es menor o lenta hasta que alcanza un valor constante, lo que se conoce como infiltración básica.

### 3.1.5-CALCULO DE LA VELOCIDAD DE INFILTRACION.

Al encontrar la velocidad de infiltración del suelo nos permite obtener:

- El grado de absorción de agua superficial
- El tipo de gotero a emplear en cuanto a caudal nominal se refiere
- Determinar los tipos de horizontes
- Su permeabilidad
- Las posibilidades de lavado si es un suelo salino.

La formula propuesta por Kostiákov (1932)

$$IB = a (- 600 b)^b \quad (1.1)$$

Donde:

IB: Infiltración básica acumulada en cm/hr

a y b: Son constantes

Utilizando los datos de la prueba en campo los valores de a y b se determinan analíticamente a través de métodos estadísticos (regresiones o mínimos cuadrados), o gráficamente ubicando los puntos de las velocidades y el tiempo directamente en un papel log - log.

Las ecuaciones de a y b son las siguientes:

$$b = \frac{[(N * \sum (\ln VI * \ln t)) - [\sum \ln t * \sum \ln VI]]}{[N * \sum (\ln t)^2 - (\sum \ln t)^2]} \quad (1.2)$$

$$a = e^{\{[\sum \ln VI - (b * \sum \ln t)] / N\}} \quad (1.3)$$

A continuación se presentan la metodología de cálculo tomando en cuenta los datos de campo obtenido en la finca Ruiz. De igual manera esta metodología se realizó para cada finca en estudio.

(Ver anexo II tablas # 11 - 20).

$$b = \frac{18 * 170.05 - (68.73 * 45.69)}{18 * 278.34 - (68.73)^2}$$

$$b = -0.277232$$

$$a = e^{(45.69 - (-0.277232 * 68.73)) / 18}$$

$$a = 36.48$$

$$IB = 36.48 * (-600 * (-0.277232))^{-0.277232}$$

$$IB = 8.8385 \text{ cm/h}$$

### 3.1.5.1-Velocidad de infiltración.

Esta dada por la ecuación:

$$VI = a t^b \quad (1.4)$$

Donde:

VI: Velocidad de infiltración en cm/hr

t: Tiempo en minutos

### 3.1.5.2- Infiltración acumulada.

Según A. N. Kostiákov. Propuso una ecuación para determinar la infiltración acumulada:

$$I = \frac{a}{60 * (b + 1) * t^{(b + 1)}} \quad (1.5)$$

Donde:

I: Infiltración acumulada en cm

t: Tiempo en minutos

A continuación se presenta la siguiente tabla: con los resultados reflejados



**Tabla # 3.1**

<b>Velocidad de Infiltración e Infiltración Acumulada en cada parcela.</b>		
<b>Fincas</b>	<b>VI (Velocidad de infiltración) cm/h</b>	<b>I (Infiltración Acumulada) cm/h</b>
Ruiz	13.12	0.07
Mariana	18.22	0.09
Las Mercedes	12.08	0.03
Nicolaza	20.57	0.04
Pastora	20.43	0.19

Fuente: propia

Al observar los resultados notamos una alta velocidad de infiltración en cada una de estas fincas, esto se debe al tipo de suelo presente (Franco arenoso) que predomina en esta zona, sin embargo según anexos II, tabla # 22, los suelos franco tienen una velocidad de infiltración no alta ni baja, por lo cual obtiene una clasificación de suelos medios, pero debido a las condiciones en las que estaba dicho suelo (erosionado y pulverizado) y con relación a los factores que afectan la infiltración en el suelo se puede entender el resultado obtenido.

Uno de los factores que incidió es el poco contenido de humedad que tenía el suelo, durante la prueba dado que entre más seco el suelo más rápido se infiltra el agua en este. Otro factor es la temperatura del agua y el suelo, en temperaturas altas disminuye la viscosidad del agua y aumentan la tasa de infiltración.

Cuando la velocidad con que el agua penetra al suelo esta limitada por factores que a menudo es llamada capacidad de infiltración del suelo, notamos que el termino capacidad, es generalmente usado para denotar una cantidad o volumen y puede ser engañoso cuando se aplica a un proceso tiempo-velocidad, ya que la capacidad depende del tiempo que se tome (a mayor tiempo mayor volumen) según F. Hillel (1971).

Larry y Curtis clasifican los tipos de infiltración en cuatro casos o tipos de infiltración, en un suelo con agua aplicada en forma de riego o lluvia a una velocidad constante  $R$ , que tiene una conductividad hidráulica a saturación con aire residual  $K_s$  y una infiltración o capacidad de infiltración " $F$ ". En nuestro caso podemos observar la siguiente clasificación:

- $R < K_s < F$ , para esta condición, tanto el escurrimiento como el almacenamiento superficial del agua no ocurren; ya que la infiltración es limitada por la velocidad de aplicación, por lo que la masa del suelo puede absorber el agua aplicada este caso puede presentarse en riego por goteo y por aspersión.

### 3.2-MUESTREO DE AGUA PARA ANÁLISIS

Este análisis permite conocer las características químicas del agua de riego como el PH, cantidad de sólidos en disueltos y los iones presentes. Partiendo de estas, podemos cuantificar las necesidades de filtración en el cabezal de riego y el tipo de mantenimiento al sistema, así como la forma en que el agua de riego afecta al suelo y al cultivo.

### **3.2.1-MATERIALES Y EQUIPOS.**

- Recipiente de plástico con tapa para la toma de muestra de agua.
- Cinta adhesiva para sellar herméticamente el recipiente.

### **3.2.2-PROCEDIMIENTO.**

1. Encender la estación de bombeo.
2. Esperar por 15 minutos para que el flujo de agua se estabilice.
3. Enjuagar el recipiente con el agua donde se tomará la muestra.
4. Tomar por lo menos un litro de agua.
5. Llevar la muestra al laboratorio de inmediato para los respectivos análisis.

### **3.2.3-INTERPRETACION DE RESULTADOS.**

A continuación se presenta la interpretación de algunos factores importantes que determinan la calidad del agua de riego en el sitio en estudio.

#### **3.2.3.1-INDICE DE PRIMER GRADO**

##### **3.2.3.1.1- PH del agua.**

Los límites normales de PH de agua para riego son de 7–8. *El PH resultante es igual a 6.64; siendo casi neutro.* Pero no es un grado perjudicial para el riego, es decir que esta en los parámetros de muy bueno considerando que 7-8 son aceptables.

### 3.2.3.1.2-Contenido total de sales (conductividad eléctrica).

Este contenido se averigua midiendo la conductividad eléctrica (CE). La cual indica la facilidad con que una corriente eléctrica pasa a través del agua, a mayor contenido de sales solubles ionizadas mayor será su conductividad.

La conductividad eléctrica se mide en micromhos/cm, se clasifica de la siguiente manera:

- CE < 250: Agua de baja salinidad puede ser usada para irrigación en la mayoría de cultivos y suelos con poca probabilidad de que se desarrolle salinidad.
- CE 250 – 750: Agua de salinidad media puede ser usada si hay lavado moderado. Cultivos con moderada tolerancia a las sales pueden ser implementados sin práctica especial de control de salinidad.
- CE 750 – 2500: Agua de alta salinidad, no puede ser usada en suelos de drenaje restringido. Es necesario un drenaje adecuado y manejo especial para el control de la salinidad. Plantas con buena tolerancia a las sales pueden ser seleccionadas.

*CE resultante del análisis = 442 uS/cm; se encuentra en un rango de salinidad media aceptable para los cultivos implantados de chiltoma, Pepino y Pipián.*

### 3.2.3.1.3- Contenido en cloruro.

Se señala como límite de tolerancia para el agua de riego 0.5 gr/lit, aunque esto depende del tipo de suelo por lo que no es de extrañar que cultivos regados con agua que contengan 0.7 o 0.8 gr/lit no presenten afectaciones.

*Cl resultado=1.33 meq/lit equivale a 0.047 gr/lit; se encuentra bajo el límite de tolerancia.*

### **3.2.3.1.4- Contenido en sodio.**

Se estima que concentraciones en agua de riego superiores a 0.2 o 0.3gr/lit puedan dar lugar a afectaciones en el cultivo.

*Na resultado = 1.54 meq/lit equivalente a 0.035 gr/lit; es bajo no hay afectación.*

### **3.2.3.1.5- Contenido en sulfato.**

La presencia del ión sulfato en exceso puede dar lugar a problemas de corrosión en las conducciones este riesgo es grande cuando el contenido en sulfato del agua es del orden de 300 – 400 mg/lit (6.25 – 8.35 meq/lit).

*SO4 resultado = 0.88 meq/l; es bajo no hay afectación.*

### **3.2.3.2- ÍNDICE DE SEGUNDO GRADO.**

#### **3.2.3.2.1-Relación de absorción de sodio (RAS)**

Se refiere a la proporción relativa en que se encuentra el ión sodio y los iones calcio y magnesio. El sodio es uno de los iones que mas favorecen la degradación del suelo ya que sustituye al calcio en los suelos de zonas áridas. Esta sustitución da lugar a una dispersión de los agregados del suelo y a una perdida de la estructura del mismo.

Para evitar la degradación que puede provocar una determinada agua de riego se calcula el índice RAS, en relación a la composición iónica del agua mediante la siguiente expresión:

$$\text{RAS} = \frac{\text{Na}}{\sqrt{(1/2)(\text{Ca} + \text{Mg})}} \quad (2.1)$$

Al analizar el agua se encuentran valores de RAS superiores a 10, podemos decir que es alcalina, siendo mayor este riesgo cuanto mayor sea el valor. Para su interpretación se da un nomograma.

(Ver anexo III Grafico # 13)

$$\text{RAS} = \frac{\text{Na}}{\sqrt{(1/2)(\text{Ca} + \text{Mg})}}$$

Para nuestros análisis:

$$\text{RAS} = \frac{1.54 \text{ meq/l}}{\sqrt{(1/2)(1.33 \text{ meq/l} + 0.82 \text{ meq/l})}} = 1.49 < 10$$

*Según grafico de clasificación de RAS (SAR en ingles) este es bajo, por lo tanto se concluye que no hay problemas de alcalinización.*

### 3.2.3.2.2-Carbonato de sódio residual (CSR).

Otro índice que nos habla de la acción degradable del agua es el denominado carbonato sódico residual (CSR), que se calcula mediante la siguiente formula:

$$\text{CSR} = (\text{CO}_3^{--} + \text{CO}_3\text{H}^-) - (\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}) \quad (2.2)$$

En la que los iones se expresan igualmente en meq/lit, Según su CSR las aguas son:

- Recomendables: Tienen un CSR cuyo valor es inferior a 1.25 meq/lit
- Poco recomendables: Tienen un CSR cuyo valor esta comprendido entre 1.25 - 2.5 meq/lit.
- No recomendables: Tienen un CSR cuyo valor es superior a 2.5 meq/l.

Para nuestro caso el CSR:

$$CSR = (0 + 1.66 \text{ meq/lit}) - (1.33 \text{ meq/lit} + 0.82 \text{ meq/lit}) = -0.49 \text{ meq/lit}$$

*Prácticamente este resultado nos garantiza que no existe CSR, es decir, no es detectado.*

#### 3.2.3.2.3-Dureza.

Se refiere al contenido en calcio de las aguas. En general las aguas muy duras son poco recomendables en suelos fuertes y compactos. Cuando se trata de rescatar suelos con excesivo contenido en sodio, es aconsejable hacer posible, el empleo de aguas duras. El calculo de la dureza del agua expresada en grados hidrométricos franceses, se hace aplicando la siguiente formula:

$$\text{Grados hidrométricos franceses} = \frac{(\text{mg/l Ca}^{++})(2.5) + (\text{mg/l Mg}^{++})(4.12)}{10} \quad (2.3)$$

Con la que se obtienen valores cuya interpretación se puede realizar con la tabla de escala haciendo uso también de la tabla de equivalencia meq-gr. (Ver anexo II tabla # 27 y 28).

Una forma de disminuir la dureza del agua es airearla, ya que de esta forma se puede inducir una precipitación de calcio.

Para nuestro caso la dureza es:

$$1.33\text{meq/l Ca} = 26.65\text{mg/l}$$

$$0.82\text{meq/l Mg} = 9.97\text{mg/l}$$

$$(26.65\text{mg/l}) (2.5) + (9.97\text{mg/l}) (4.12)$$

$$\text{Grados hidrométricos franceses} = \frac{\text{-----}}{10}$$

*Grados hidrométricos franceses = 10.77; Es agua clasificada como dulce según la escala, no existe peligro de alta concentración de calcio.*

Para todos estos análisis se toma en cuenta los resultados obtenidos en el laboratorio de suelo y agua de la UNA.

(Ver anexo VI doc. LABSA .UNA)

### 3.3-MUESTREO DE SUELOS

Este estudio se realiza en dos etapas; la primera consiste en una inspección visual y al tacto de las características físicas y químicas del suelo mediante la construcción de calicatas y palpando el suelo seco y mojado; la segunda se realiza tomando muestras de suelo y enviándolas al laboratorio para su respectivo análisis.

#### 3.3.1-MATERIALES Y EQUIPOS.

##### Análisis preliminar:

- Macana o cota
- Piocha
- Pala
- Catálogo de clasificación de suelos por su pigmentación.
- Recipiente con agua para humedecer el suelo en la prueba al tacto.



### **3.3.2-PROCEDIMIENTO.**

1. Realizar los análisis preliminares
2. Seleccionar un sitio representativo del área de estudio
3. Construir una calicata para clasificar y analizar el perfil del suelo
4. Tomar muestras a 30 cm de profundidad
5. Enviarlas al laboratorio para su debido análisis físico químico.

### **3.4-PRUEBA DE BOMBEO**

El objetivo de esta prueba es conocer el caudal que produce la estación de bombeo y evaluar la eficiencia de la bomba para cubrir las necesidades de potencia de la instalación. Partiendo de los resultados obtenidos, podremos proponer un rediseño del sistema del caudal y la potencia de la bomba.

Una observación muy importante es que en estas fincas en estudio están equipadas con un mismo tipo de estación de bombeo, es decir una bomba con la misma potencia e iguales accesorios de riego ubicados en los mismos puntos y distancia. Existen varios métodos para aforar bombas, entre ellos el de la escuadra y el aforo con recipiente de volumen conocido, en este estudio se utilizo el método volumétrico.

#### **3.4.1-MATERIALES Y EQUIPOS.**

Aforo por método volumétrico:

- Balde de 25 Litros o 6.5 gal.
- Un cronómetro.
- Un barril de 250 litros o 66 gal

### 3.4.2-METODOLOGIA DE AFORO.

#### Método volumétrico:

Encender la bomba y esperar de 15 a 20 minutos. Llenar el balde y cronometrar el tiempo de llenado, anotar los volúmenes y tiempos de llenado. Repetir diez veces este procedimiento, obtener la media aritmética de los resultados para calcular el caudal con la formula:

$$Q = \text{Volumen} / \text{tiempo} \quad (4.1)$$

### 3.4.3- PROCEDIMIENTO DE CAMPO.

Ubicado en cada finca, se visualiza que la fuente de agua en cada una es un pozo perforado artesanalmente de profundidad promedio regular de 36 m con una bomba eléctrica sumergible instalada de 1.5 hp.

(Ver anexo II tabla # 24)

Luego de verificar el cierre de válvulas en el sistema para no tener pérdidas elegimos el punto de aforo más conveniente, en este caso todas las fincas coinciden con una llave de salida (1.5" Ø) que esta ubicada a 25 m de la bomba en la misma estación de bombeo.

El aforo con recipiente de volumen conocido, se realizó en los mismos puntos y condiciones en todas las fincas. Se aforo con un recipiente de 6.5 (balde) galones primeramente y posteriormente con un recipiente mayor en volumen (barril), tomando muestras de volúmenes variados.

### 3.4.4-AFORO POR EL METODO VOLUMETRICO.

Esta metodología de cálculo se realiza de acuerdo a los datos obtenidos en la bomba de la finca las Mercedes. Para esto observaremos las tablas a continuación:

**Tabla # 3.2: Datos de aforo con el recipiente de 4 galones (balde)**

Prueba 1.		
N° Repeticiones	Tiempo en seg.	Volumen en galones (Constante)
1	10.02	6.5
2	8.50	
3	9.00	
4	7.50	
5	8.80	
6	7.50	
7	8.50	
8	9.02	
9	9.60	
10	8.50	
<b>Promedio</b>	8.70	

Fuente: Propia

Para el cálculo de  $Q_1$ :

$$Q = \text{Volumen} / \text{tiempo}$$

6.5 galones

$$Q_1 = \frac{6.5 \text{ galones}}{8.7 \text{ seg.}} = 0.75 \text{ gal/seg}$$

$$(0.75 \text{ gal/seg}) * (60 \text{ seg/1 min}) = 45 \text{ gpm}$$

$$Q_1 = 45 \text{ gpm}$$

**Tabla # 3.3: Datos de aforo con el recipiente de mayor volumen**

Prueba 2.		
N° Repeticiones	Tiempo (seg)	Volumen (Gal)
1	18.70	14.0
2	25.40	19.0
3	34.80	26.0
4	45.50	34.0
5	60.00	45.0
6	9.40	7.0
7	69.60	52.0
8	65.60	49.0
9	80.30	60.0
10	88.30	66.0
<b>Promedio</b>	48.00	37.2

Fuente: Propia

Para el cálculo de Q<sub>2</sub>:

37.2galones

$$Q_2 = \frac{37.2 \text{ galones}}{48 \text{ seg.}} = 0.77 \text{ gal/seg}$$

$$(0.77 \text{ gal/seg}) * (60\text{seg}/1\text{min}) = 46.5 \text{ gpm}$$

$$Q_2 = 46.5 \text{ gpm}$$

$$Q. \text{ bomba} = Q_1 + Q_2$$

$$Q. \text{ bomba} = 45 \text{ gpm} + 46.5 \text{ gpm}$$

$$Q. \text{ bomba} = 91.5 \text{ gpm}$$

El aforo de la bomba en las 4 fincas restante se realizó obteniendo el mismo resultado sin diferencia significativa que el anterior, por esto se toma este resultado valido para todas.

### 3.5-PRUEBA DE ABATIMIENTO EN LOS POZOS.

El abatimiento de un pozo es la depresión del nivel del agua causada por acción directa del hombre o por fenómenos meteorológicos, como uso de bomba (sumergible o moto bomba) y las estaciones climáticas (la estación más seca) respectivamente. Esto afecta de manera significativa el rendimiento y eficiencia del pozo, por ello es necesario calcular su abatimiento para permitirnos conocer cual es la cantidad real de entrega de agua con la que podamos contar para definir la estrategia de explotación del recurso acuífero.

#### 3.5.1-MATERIALES Y EQUIPOS.

- Varilla graduada de 50 m
- Boya.
- Cronometro.
- Cinta métrica.

### 3.5.2-METODOLOGIA PARA EL CÁLCULO DE ABATIMIENTO.

En el cálculo del abatimiento de un pozo se debe de establecer niveles como toma de referencia de la posición del agua dentro del orificio del pozo. Esto es necesario ya que los pozos manifiestan un nivel natural cuando se encuentran en reposo absoluto.

#### Método de aforo de bombeo.

Es el procedimiento para determinar la capacidad de entrega o dicho de otra manera el rendimiento en unidades volumétrica medido en determinado tiempo en galones por hora o galones por minutos, a través de la acción de bombeo tomando en cuenta los siguientes niveles:

- NB: Es el nivel de bombeo o nivel más bajo de la columna del agua durante la acción de la bomba existente en el pozo.
- NVE: Es el nivel de variación estacional al que baja la columna de agua por acción de las estaciones seca de la región donde se encuentre ubicado el pozo.
- NEA: Es el nivel estático del agua del pozo en condiciones de reposo.

### 3.5.3-PROCEDIMIENTO DE CAMPO.

Se define los siguientes datos de campo:

- Medir el nivel freático o nivel estático del agua (NEA) en el pozo cuando este se encuentre en reposo es decir sin acción de la bomba.
- Definir la variación estacional causada por la estación seca en la región (NVE). Este dato puede ser proporcionado por el dueño del pozo a través de observaciones realizada por el mismo u obtenida por estudios territoriales realizado anteriormente por instituciones Meteorológica. Esto es dado en mca.
- Calcular el nivel del bombeo (NB) por acción de la bomba durante 8hr tomando registro cada 30 minutos o hasta donde se estabilice el nivel del pozo con la varilla señalada cada 50 m.
- Determinar el diámetro del orificio del pozo.

### 3.5.4-ABATIMIENTO POR EL METODO DE AFORO DE BOMBEO.

Se procesan los datos de campo para la obtención de resultados de acuerdo a la ecuación teórica de abatimiento y aforo de pozo que se presentan a continuación dada en mca:

$$NAB = NB + NVE \quad (5.1)$$

Donde:

NVE: es un dato que se ocupa solo para obtener un resultado más preciso bajo condiciones extremas (estación seca) en la que el pozo pueda ser explotado.

El aforo del pozo se realiza de acuerdo a la siguiente ecuación volumétrica dada en m<sup>3</sup>:

$$\text{Aforo del pozo} = NB * \pi (\Phi/2)^2 \quad (5.2)$$

Donde:

$\Phi$  es el diámetro del pozo

#### 3.5.4.1- Cálculo del abatimiento y aforo del pozo.

Esta metodología de cálculo se realiza de acuerdo a los datos obtenidos en el pozo de la finca las Mercedes de la Empresa la Unión S.A.

Abatimiento en el pozo:

$$NAB = NB + NVE$$

$$NAB = 1.17 \text{ mca} + 0.5 \text{ mca}$$

$$NAB = 1.67 \text{ mca}$$

Aforo en el pozo:

$$\text{Aforo del pozo} = NB * \pi (\Phi/2)^2$$

$$\text{Aforo del pozo} = 1.17 \text{ mca} * \pi (1\text{m}/2)^2$$

$$\text{Aforo del pozo} = 0.919 \text{ m}^3 \text{ de agua}$$

Esto en galones es igual a  $0.919\text{m}^3 * 264.2 = 242.80$  galones en 3hr. Lo que corresponde a 81 galones en 1hr o lo que es igual a 1.35 gpm.

Según los datos adquiridos y expuestos anteriormente el rendimiento del pozo en la finca la Mercedes es de 81 gph o 1.35 gpm con un nivel de abatimiento de 1.67 mca, tomando en cuenta el nivel más bajo por época de



sequía (NVE) y nivel de bombeo de 1.17 mca, lo cual se logra con el uso de la bomba estabilizándose a las 3hr de iniciado el bombeo. Este pozo tiene un tiempo de recuperación acelerado de 15 minutos logrando el nivel estático de agua (NEA) natural en esta época del año.

Este pozo tiene la capacidad de ser explotado por 3hr de bombeo durante todo el día siempre y cuando se respete un tiempo de recuperación de 20 minutos para ser utilizado nuevamente, sin temor de provocarle abatimiento severo en época de verano.

El abatimiento y aforo del pozo en las fincas restante se realizo obteniendo resultado similar que en la finca las Mercedes.

(Ver Capitulo V tabla # 5.13)

### **3.6-LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO**

Consiste en realizar un levantamiento altiplanimétrico y planimétrico del área de riego para conocer las limitaciones por pendientes y área disponibles que nos ofrece el terreno al momento de seleccionar el método de riego y calcular su diseño.

El método utilizado en este estudio y quizás uno de los más precisos para el cálculo de poligonales es el levantamiento con teodolito y cinta, así mismo el levantamiento por nivelación trigonométrica utilizado para el cálculo de desniveles.

(Ver anexo I planos topográficos)

### **3.7- EVALUACIÓN HIDRAULICA.**

#### **3.7.1- ASPECTOS TEORICOS.**

La evaluación del sistema de riego, permite determinar la manera cómo se está aplicando el riego. En ocasiones es suficiente el señalamiento cualitativo de una buena, regular o mala aplicación del riego, sin embargo, en la mayoría de los casos se hace necesario tener parámetros cuantitativos que proporcionen una escala que nos permita pronosticar posibles problemas en algún elemento del cabezal, en las tuberías o en los emisores y de igual manera comprobar el correcto funcionamiento de los mismos en la instalación. El término evaluación se puede aplicar desde diferentes puntos de vista y a distintas partes del sistema.

Una vez que se haya finalizado la instalación, se realiza la siguiente evaluación para constatar el correcto funcionamiento y así actuar de inmediato en caso de detectar alguna anomalía en el sistema de riego.

También es importante señalar que las empresas instaladoras evalúen completamente el sistema al terminar la obra, de igual manera los agricultores evalúen durante el proceso de riego y siempre que se sospeche que pueda haber algún problema en la instalación.

En este caso la evaluación se hará en la fase final del riego, es decir en los emisores para calcular los coeficientes índices (Coeficiente de uniformidad, variación, total de presiones y caudales, etc.) que permiten caracterizar la uniformidad con que se distribuyen las presiones y caudales en una sub-unidad de riego.

### **3.7.2-MATERIALES Y EQUIPOS.**

- Manómetro con rango de medición de 0-100 PSI, con adaptador en T.
- Cronómetro con medidor de segundos visible.
- Cinta métrica de 50 metros.
- Probetas graduadas con capacidad de 50ml.
- Tabla de recopilación de datos.
- Recipientes para captar el agua de los emisores.

### **3.7.3-PROCEDIMIENTO.**

1. Seleccionar el sitio de evaluación; para ello se escoge la sub-unidad que presenta las condiciones más críticas de funcionamiento ya sea por distancia, topografía o por ambas razones. Recordando que las fincas en estudio tienen una misma sub-unidad o unidad operacional.
2. En la sub-unidad seleccionada se eligen cuatro laterales a lo largo de la tubería terciaria distribuidos al inicio, 1/3, 2/3 y al final de la terciaria, de igual manera se escogen cuatro emisores.
3. Colocar los recipientes donde se recolectará el agua. Iniciar la prueba hasta que se estabilicen las presiones y durante este período no se debe permitir que los recipientes capten agua.
4. Medir los volúmenes de agua captados por los recipientes ubicados bajo los emisores.
5. Instalar las “T” donde se tomarán las lecturas en los laterales para medir las presiones en los puntos de emisión.
6. Realizar los cálculos y análisis de los resultados.

### 3.7.4-CALCULO DE LA EVALUACION PARA EL SISTEMA.

A continuación se presentan la metodología de cálculo realizado con los datos de campo levantados durante la prueba de evaluación hidráulica del sistema de riego en la finca Ruiz.

**Finca Ruiz**

**Cultivo: Pipián**

**Área: 1Mz**

#### 3.7.4.1-Calculo del área regada.

(Long terciaria x Long lateral)

$$\frac{7050.12 \text{ m}^2/\text{Mz}}{7050.12 \text{ m}^2/\text{Mz}} = \text{Área a regar (Mz)} * 0.70258 = \text{Hectárea} \quad (7.1)$$

(90mt x 33.5mt)

$$\frac{3015 \text{ m}^2}{7050.12 \text{ m}^2/\text{Mz}} = 0.43 \text{ Mz} \approx \mathbf{0.30 \text{ Hectárea}}$$

**Tabla # 3.4: Resultado de caudal promedio según datos de campo.**

I	1	78	72	75.0	1.50
	2	65	42	53.5	1.07
	3	54	68	61.0	1.22
	4	52	65	58.5	1.17
III	1	74	68	71.0	1.42
	2	78	72	75.0	1.50
	3	17	48	32.5	0.65
	4	68	82	75.0	1.50
III	1	77	72	74.5	1.49
	2	72	71	71.5	1.43
	3	73	57	65.0	1.30
	4	69	41	55.0	1.10
IV	1	64	66	65.0	1.30
	2	81	71	76.0	1.52
	3	69	119	94.0	1.88
	4	88	83	85.5	1.71
				$\Sigma Q$	21.76

Fuente: Propia

Tabla #3.5: Resultado de presión promedio según datos de campo.

LATERAL	EMISORES	P1	P2	Ppm (PSI)	Ppm (mca)
I	1	6	7	6.5	4.58
	2	15	14	14.5	10.21
	3	15	14	14.5	10.21
	4	13	13	13.0	9.15
III	1	6	7	6.5	4.58
	2	13	14	13.5	9.50
	3	18	17	17.5	12.32
	4	8	9	8.5	5.98
III	1	8	9	8.5	5.98
	2	12	13	12.5	8.80
	3	7	8	7.5	5.28
	4	7	8	7.5	5.28
IV	1	8	9	8.5	5.98
	2	5	6	5.5	3.87
	3	5	6	5.5	3.87
	4	5	6	5.5	3.87
				ΣP	109.47

Fuente: Propia

### 3.7.4.2-Coeficiente de uniformidad (CU).

En los sistemas de riego a presión, la forma más sencilla de determinar la uniformidad de distribución del agua es mediante el cálculo del coeficiente de uniformidad (CU), propuesto por Christiansen para el riego por aspersión. En la aplicación al riego localizado, puesto que la uniformidad es más restrictiva, el criterio se hace más selectivo para caudal y presión, de forma que la expresión del coeficiente de uniformidad para caudal viene dada por:

$$CUQ = (Q_{25} / Q_m) * 100 \quad (7.2)$$

Donde:

CUQ: Coeficiente de uniformidad de caudales.

Q<sub>m</sub>: Caudal promedio recibido por las plantas en lph.

Q<sub>25</sub>: Caudal promedio del 25% de plantas que reciben menos agua en lph.

**Tabla # 3.6: Clasificación de los CU para caudal y presión**

Valor del CU	Clasificación
> 94%	Excelente.
86% - 94%	Buena.
80% - 86%	Aceptable.
70% - 80%	Pobre.
< 70%	Inaceptable.

Fuente: Guía de laboratorio de sistemas de riego UNI-RUPAP

### 3.7.4.3- Caudal medio del 25% de plantas que reciben menos agua.

$$Q_{25\%} = \sum (Q_{m1} + Q_{m2} + Q_{m3} + Q_{m4}) / 4 \quad (7.3)$$

$$Q_{25\%} = (1.07 + 0.65 + 1.10 + 1.30) / 4$$

$$Q_{25\%} = 1.03 \text{ lph}$$

### 3.7.4.4-Caudal medio recibido por las plantas.

$$Q_m = \sum (Q_i + \dots + Q_n) / n \quad (7.4)$$

$$Q_m = \frac{(1.5 + 1.07 + 1.22 + 1.17 + 1.42 + 1.5 + 0.65 + 1.5 + 1.49 + 1.43 + 1.3 + 1.1 + 1.3 + 1.52 + 1.88 + 1.71)}{16}$$

$$Q_m = 1.36 \text{ lph}$$

### 3.7.4.5-Desviación típica de los caudales recibidos por las plantas.

$$\sigma_Q = \sum (Q_i - Q_{pm}) / (n - 1) \quad (7.5)$$

$$\sigma_Q = 0.28$$

**3.7.4.6-Coeficiente de uniformidad de caudal de la unidad de riego calculado.**

$$CUQ = ((Q_{25\%} / Q_m) * 100)$$

$$CUQ = (1.03 \text{ lph} / 1.36 \text{ lph}) * 100 = 76 \%$$

*Esta entre 70%-80% es pobre.*

**3.7.4.7-Coeficiente de uniformidad de presión.**

Para evaluar el coeficiente de uniformidad debido a presiones, se toman lecturas de presión en los mismos puntos del sub-sector en los que se mide el caudal, obteniéndose las pérdidas de carga a lo largo de los laterales. Este coeficiente se define como:

$$CU_p: (P_{25\%} / P_m)^x \times 100 \quad (7.6)$$

Donde:

CU<sub>p</sub>: Coeficiente de uniformidad de presiones en porcentaje.

P: Presión promedio de las presiones (mca) en los emisores.

P<sub>25</sub>: promedio de la presión (mca) del 25% de los valores menores.

X: Exponente de descarga de los emisores, (X = 0.56 para cinta Eurodrip con Q = 1.3 lph y h<sub>n</sub> = 10 mca). Todas las parcelas restantes tienen cinta del mismo tipo.

**3.7.4.8-Presión medio del 25% de plantas que reciben menos agua.**

$$P_{25\%} = \sum (P_{m1} + P_{m2} + P_{m3} + P_{m4}) / 4 \quad (7.7)$$

$$P_{25\%} = (4.58 + 4.58 + 5.28 + 3.87) / 4$$

$$P_{25\%} = 4.58 \text{ mca}$$

#### 3.7.4.9- Presión medio de la sub-unidad.

$$P_m = \sum (P_i + \dots P_n) / n \quad (7.8)$$

$$P_m = \frac{(4.58+10.21+10.21+9.15+4.58+9.5+12.32+5.98+5.98+8.8+5.28+5.28+5.98+3.87+3.87+3.87)}{16}$$

$$P_m = 6.84 \text{ mca}$$

#### 3.7.4.10- Desviación típica de las presiones.

$$\sigma_P = \sum (P_i - P_m) / (n - 1) \quad (7.9)$$

$$\sigma_P = 2.63 \text{ mca}$$

#### 3.7.4.11- Presión mínima al inicio del lateral.

$$P_{ms} = (4.58+4.58+5.98+5.98) / 4$$

$$P_{ms} = 5.28 \approx 5 \text{ mca}$$

#### 3.7.4.12- Coeficiente de uniformidad de presión.

$$CUP = (P_{25\%} / P_m)^X * 100$$

$$CUP = (4.58\text{mca} / 6.84\text{mca})^{0.56} * 100 = 79.80 \%$$

Esta entre 70% - 80% pobre.

#### 3.7.4.13- Coeficiente de variación total de caudal.

El criterio orientativo que propone Pedro - j Ferrer (Evaluación de Sistema de Riego Localizado) es el siguiente:

$$CV_{tq}: (\sigma_Q / Q_m) * 100 \quad (7.10)$$



Donde:

CVtq: Coeficiente de variación total de caudales.

$\sigma Q$ : Desviación típica de los caudales.

Qm: Caudal medio del emisor.

**Tabla 3.7: Clasificación o criterio del CVt para caudales y presiones**

Valor del CVt	Clasificación
< 10%	Excelente.
10% - 20%	Buena.
20% - 30%	Aceptable.
30% - 40%	Pobre.
> 40%	Inaceptable.

Fuente: Guía de laboratorio de sistemas de riego UNI-RUPAP

$$CVtq = (\sigma Q / Qm) * 100.$$

$$CVtq = (0.28 \text{ lph} / 1.36 \text{ lph})$$

$$CVtq = 21\% \text{ esta entre } 20\% - 30\% \text{ Aceptable}$$

#### 3.7.4.14-Coeficiente de variación total debido a la presión.

Existen diferencias debido a las distintas presiones que depende de los desniveles topográficos y la pérdida de carga en la red, de tal forma que la expresión para calcular el coeficiente de variación debido a la presión (CVtp) esta dado por la siguiente formula:

$$CVtp: (\sigma p / Pm) * 100 \quad (7.11)$$

Donde:

CVtp: Coeficiente de variación de presiones.

$\sigma_p$ : Desviación típica de las presiones.

Pm: Valor medio de las presiones.

En riego por goteo se suele llamar CV, como “Coeficiente de variación de fabricación”, por ello los emisores se clasifican en 2 tipos:

- Categoría “ A “ emisores de alta uniformidad CV<5%
- Categoría “ B” emisores de baja uniformidad CV>10%

$$CVtp = (\sigma_p / P_m) * 100$$

$$CVtp = (2.63 \text{ mca} / 6.84 \text{ mca}) * 100$$

$$CVtp = 38 \% \text{ pobre por estar entre los rango } 30\% - 40\%.$$

Tipo de emisor según la clasificación CV: Emisor de baja uniformidad.

#### 3.7.4.15-Coeficiente de variación debido a los emisores.

$$CVe = \sqrt{(CVtq)^2 - X^2(CVtp)^2} \quad (7.12)$$

Donde:

CVe: coeficiente de variación debido a los emisores.

CVtq: coeficiente de variación de caudal.

X: exponente de descarga de los emisores, (X = 0.56 para cinta Eurodrip)

CVtp: coeficiente de variación de presiones.

El criterio orientado para la clasificación según los resultados es el siguiente:

Para  $CVe > 20$  la falta de uniformidades debida a obstrucciones.

Para  $CVe < 20$  y  $CVtq > 30$  la falta de uniformidad es debida a aspectos hidráulicos (diseño inadecuado y falta de regulación de presión) y no por defecto de fabrica.

$$CVe = \sqrt{(0.21)^2 - (0.56)^2 (0.38)^2} = 16 \%$$

$CVe = 16 \%$  El sistema no presenta problemas de uniformidad por defectos de fabrica de los emisores, pero si por aspectos hidráulicos, debido a que  $Cve < 20$ ,

#### 3.7.4.16-Coeficiente de uniformidad del sistema.

El procedimiento, propuesto por MERRIAN y KELLER (1987), es basado en la relación de caudales y presiones ( $Q = K * h^X$ ), controlándose los caudales y presiones en las sub-unidades o unidades a través de un factor de corrección que relacione el  $Cu$  de la sub-unidad o unidad muestreada con el  $Cu$  del sistema.

$$CU_{sist} = Fc * CUQ_{sub-unidad}. \quad (7.13)$$

HANDLEY Y COL (1983), define el factor de corrección  $Fc$  como:

$$FC = (P_{25\%} / P_{ms})^X \quad (7.14)$$

Donde:

$P_{ms}$ : Media del valor mínimo de la presión al inicio del lateral en cada sub-unidad o sector de riego.

$P_{25\%}$ : Media del 25% de los valores menores de presión en el lateral de la sub-unidad.

$X$ : Exponente de descarga de los emisores  $X = 0.56$  cinta Eurodrip.

Cuando no se conoce el exponente de descarga (X), entonces se estima entre 0.5 a 0.8. Siendo en nuestro caso según catalogo 0.56, para la cinta Eurodrip.

$$FC = (P_{25\%} / P_{ms})^X \quad (7.15)$$

Sin embargo existe otra fórmula que ofrece resultados reales, que permiten corregir perfectamente el coeficiente de uniformidad de la sub-unidad de riego y calcular el coeficiente de uniformidad del sistema de riego.

$$FC = ((P_{ms} + (1.5 * P_{ms}) / (2.5 * P_{ms})) \quad (7.16)$$

#### 3.7.4.17- Factor de corrección del coeficiente de uniformidad.

$$FC = (P_{25\%} / P_{ms})^X$$

$$FC = (4.58 \text{ mca} / 5 \text{ mca})^{0.56}$$

$$FC = 0.95$$

#### 3.7.4.18- Coeficiente de uniformidad del sistema calculado.

$$CU_{\text{sist}} = FC * CUQ_{\text{sub unidad.}}$$

$$CU_{\text{sist}} = 0.95 * 76\%$$

$$CU_{\text{sist}} = 72\%$$

Valor considerado como pobre, por estar comprendido dentro del rango de 70% - 80%.

Su principal objetivo es conocer la adecuada uniformidad de riego en el campo. Dándole respuesta a dos grandes interrogantes que son: ¿Cuánta agua se está aplicando? y ¿Cómo se está distribuyendo en el campo?

(Ver tablas de resultados en el capítulo V tablas # 5.14 - 5.17 cálculo de las fincas restantes).

#### 4.0- DISEÑO DEL SISTEMA DE RIEGO POR GOTEÓ.

##### 4.1- DISEÑO GEOMÉTRICO.

Se toman en cuenta todas las características del terreno (ubicación, pendiente, etc.), así como las condiciones edáficas del suelo y también la ubicación y forma de las líneas de conducción entre otras características que a continuación se mencionan.

El diseño geométrico del sistema de riego en las diferentes fincas en estudio contempla lo siguiente:

Fuente de abastecimiento:	Pozo Ø 1m Profundidad 23 m Caudal de 1.35 gpm
Área de los terrenos en las fincas:	1 Mz
Pendiente del terreno:	2.5 % a 2.8%
Separación de laterales:	1 m
Separación entre surcos:	1 m
Separación entre plantas:	0.8 m
Ø tubería de conducción del agua fuente/sistema:	2"
Tipo de suelo:	Textura franco arenoso, Contenido de materia orgánica y drenaje moderadamente alto.

### 4.2-DISEÑO AGRONÓMICO

Esta etapa es el componente fundamental del diseño del sistema, debido a que define las cantidades de agua que podrán ser aplicadas al cultivo, por lo tanto, un error en esta etapa implica tener fallas en el posterior diseño hidráulico, lo que generará pérdidas económicas. El diseño agronómico se desarrolla en dos fases; los cálculos de los requerimientos hídricos y determinación de las dosis, frecuencia y tiempo de riego, número de emisores por planta y caudal de los emisores.

#### 4.2.1- REQUERIMIENTOS HÍDRICOS.

Para efectos de un diseño en un sistema de riego localizado, interesa definir el requerimiento de agua “punta”, es decir, lo máximo que demanda el cultivo. Los requerimientos de agua de un cultivo o plantación determinada, están representados por la Evapotranspiración potencial (Etp), que corresponde al flujo de vapor de agua que se produce simultáneamente tanto en las hojas como en el suelo, esto es producto de la suma del agua utilizada por las plantas en la transpiración y crecimiento, y aquella evaporada desde el suelo adyacente, se mide normalmente en mm/día o mm/mes.

Una vez definida la evapotranspiración potencial de la localidad en la época de máxima demanda, corresponde determinar los requerimientos del cultivo que interesa regar, es decir la evapotranspiración del cultivo (Etc) o uso consultivo. Esta Etc corresponde a la tasa de evapotranspiración de un cultivo, en condiciones óptimas de suelo, incluidas fertilidad y agua suficiente, alcanzando el pleno potencial de producción en la etapa vegetativa. La fórmula utilizada para determinar la Etc esta dada por:

$$\text{Etc} = \text{Etp} \times \text{Kc} \quad (2.1)$$

Donde:

Etc: Evapotranspiración de cultivo o máxima (mm/día)

Etp: Evapotranspiración potencial (mm/día)

Kc: Coeficiente de cultivo.

### **4.2.2- ELECCIÓN DEL Kc Y Kp.**

El valor del Kp y Kc se tomo apartir del boletín N° 24 de la FAO

(Ver anexo II tablas 31 y 32)

### **4.2.3-EFECTO DE LOCALIZACIÓN Y PORCENTAJE DE SOMBREADO (Ps).**

Se han propuesto numerosos procedimientos que corrigen la Etc entre ellos se ha seleccionado como mas prácticos los que se basan en la fracción del área sombreada por el cultivo, siendo esta la superficie del suelo sombreado por la cubierta vegetal a mediodía en el solsticio de verano, respecto a la superficie total. A efectos prácticos se puede hacer coincidir la superficie sombreada con la proyección sobre el terreno del perímetro de la cubierta vegetal. La corrección por localización consiste en multiplicar Etc por un coeficiente de localización KI, cuyo valor depende del Ps.

### **4.2.4-ELECCIÓN DEL KI.**

Debido a que los cultivos de Pepino y Pipian cubren la superficie total del terreno cuando las plantas alcanzan su máximo desarrollo vegetativo, el Ps toma el valor de 1, por tanto el valor KI calculado con las formulas propuestas será 1. En el caso de la Chiltoma el valor de KI es 1, ya que su Ps cubre en su totalidad el área del terreno alrededor de la planta.

Diversos autores han estudiado la relación entre KI y Ps obteniendo las siguientes formulas:

$$\text{Decroix:} \quad K_I = 0.10 + P_s. \quad (2.2)$$

$$\text{Hoare et al:} \quad K_I = P_s + 0.5 (1 - P_s). \quad (2.3)$$

$$\text{Keller:} \quad K_I = P_s + 0.15 (1 - P_s). \quad (2.4)$$

$$\text{Alijiburt et al :} \quad K_I = 1.34 \times P_s. \quad (2.5)$$

De las fórmulas anteriores se toman los dos  $K_I$  más aproximados los cuales se suman y luego se dividen entre dos, por otra parte los valores del  $K_I$  superior e inferior se desprecian. Con el valor del  $K_I$  encontrado este se multiplica por el Etc para encontrar el Et corregido.

#### 4.2.5-CÁLCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL EN EL SITIO DE ESTUDIO (Etp).

Para calcular la evapotraspiración potencial Etp corregida (mm/día) multiplicamos el valor de la evaporación de pana (mm/día) por  $K_p$ .

(Observar la tabla siguiente)

**Tabla # 4.1: Evapotranspiración en el sitio de estudio.**

MESES	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO
Vientos (m/s)	2,50	3,00	2,90	2,50	2,00	1,70
Vientos (km/día)	216,00	259,20	250,56	216,00	172,80	146,88
HR (%)	67,70	63,40	63,90	65,30	75,10	81,50
Evap. De Pana (mm)	246,00	263,30	304,60	275,70	227,30	167,40
Evap. De Pana (mm/día)	7,90	9,40	9,80	9,20	7,30	5,60
$K_p$	0,60	0,60	0,60	0,60	0,80	0,80
Etp (mm/día)	4,74	5,64	5,88	5,52	5,84	4,48
MESES	JULIO	AGOSTO	SEPT	OCT	NOV	DIC
Vientos (m/s)	2,10	1,90	1,40	1,30	1,40	2,00
Vientos (km/día)	181,44	164,16	120,96	112,32	120,96	172,80
HR (%)	77,80	80,10	86,20	86,70	81,80	73,60
Evap. De Pana (mm)	183,00	197,80	150,30	137,80	135,60	178,60
Evap. De Pana (mm/día)	5,90	6,40	5,00	4,40	4,50	5,80
$K_p$	0,70	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
Etp (mm/día)	4,13	5,12	4,00	3,52	3,60	4,64

Fuente: Propia



#### 4.2.6- NORMA NETA (Nn).

También conocida como lámina de riego, es la cantidad de agua que retiene el suelo a una determinada profundidad disponible al cultivo y depende de las características del suelo humedecido y de la cantidad de humedad que se desea agotar, calculándose con la siguiente fórmula:

$$Nn = 100 \times Da \times H \times (CC - Lp). \quad (2.6)$$

Donde:

- Nn: Norma neta en m<sup>3</sup>/ha.
- Da: Densidad aparente en Kg / m<sup>3</sup>.
- H: Profundidad de suelo a humedecer en m.
- CC: Capacidad de campo en %.
- PMP: Punto de marchites permanente en %.

#### 4.2.7- NORMA BRUTA (Nb).

No es más que la cantidad de agua que debe suministrar el sistema, lo que involucra pérdidas ocasionadas por el sistema de riego a utilizar calculándose con la siguiente ecuación:

$$Nb = (Nn / Efr) \times 100. \quad (2.7)$$

Donde:

- Nb: Norma bruta (mm)
- Nn: Norma neta (mm)
- Efr: Eficiencia del riego en %.

#### **4.2.8- NORMA TOTAL (Nt).**

Es la cantidad de agua que se debe suministrar por unidad de área, para que la humedad se mantenga en límite óptimo durante todo el ciclo vegetativo.

$$Nt = Nn / ((1-k) * Cu) \quad (2.8)$$

Donde:

$$K = (1-Ea).$$

Ea: Eficiencia de aplicación del riego en %

CU: Coeficiente de uniformidad del sistema (asumido para diseño)

Nt: Norma total (mm)

#### **4.2.9- EFICIENCIA APLICADA DEL RIEGO (Efr)**

Todo sistema cuenta con una eficiencia de aplicación al riego, lo que depende de las características del terreno, manejo del sistema.

Varios autores informan acerca de los valores de la eficiencia aplicada (Efr) entre ellos seleccionamos los proporcionados por Keller (1978) según el cual, para la estimación de Efr se distinguen varios casos.

(Ver anexos II tabla 30).

#### **4.2.10-NECESIDADES HIDRICAS DE LOS CULTIVOS DURANTE TODO SU CICLO.**

El siguiente paso en el diseño agronómico es el cálculo de la evapotranspiración real o máxima (mm/día) que se obtiene al multiplicar la Etp (mm/día) por el coeficiente de cultivo Kc como lo observaremos en las necesidades hídricas de los cultivos mas adelante.

En la chiltoma por ejemplo se distingue 5 etapas de desarrollo del cultivo; el Kc de cada etapa lo obtenemos de la tabla proporcionada por la FAO del boletín N° 24 para cada cultivo en estudio.

#### 4.2.10.1-Cálculo de la evapotranspiración real o máxima en la Chiltoma.

La etapa inicial en la chiltoma tiene una duración de 28 día y un Kc = 0.4. Si sembramos el día 15 de enero entonces para obtener el uso consultivo (UC) de este mes debemos multiplicar la Etp (mm/día) del mes de enero por el Kc. de la etapa inicial y obtenemos la Et<sub>max</sub> para el mes de Enero, que a su vez la multiplicamos por el numero de día del mes de Enero en el que el cultivo se encuentra en su etapa inicial.

Luego como la etapa inicial se extiende hasta casi mediado de Febrero multiplicamos la Etp (mm/día) del mes de Febrero por el Kc y obtenemos la Et<sub>max</sub> para el mes de Febrero que a su vez la multiplicamos por el numero de días del mes de febrero en que el cultivo se encuentra en etapa inicial y obtener el uso consultivo (UC) del mes de Febrero. Encontrando estos dos valores (UC de Enero y Febrero) los sumamos y obtenemos evapotranspiración máxima de la etapa inicial de la chiltoma. (Observar la siguiente tabla)

**Tabla # 4.2: Evapotranspiración real o máxima en la Chiltoma**

MESES	ENERO	FEBRERO	MARZO		ABRIL				MAYO	
Etp corregida (mm/dia)	4,74	5,64	5,88		5,52				5,84	
Etapas	Inicial		Vegetativa		Floracion		Form.Cosecha		Cosecha	
Fecha	Ene	Feb	Feb	Mar	Mar	Abr	Abr	Abr	May	
	15	11	12	28	29	6	7	26	27	31
Kc	0,3		0,6		0,95		0,85		0,8	
Dias	17	11	17	28	3	6	20		4	31
Et. Max (mm/dia)	1,42	1,69	3,38	3,53	5,59	5,24	4,69		4,42	4,67
Uso Consultivo (UC)	24,17	18,61	57,53	98,78	16,76	31,46	93,84		17,66	144,83
Et. Max/etapas	42,79		156,31		48,22		93,84		162,50	

Fuente: Propia

#### 4.2.10.2- Porcentaje de superficie mojada (P).

Es la relación que existe entre el volumen de suelo mojado y el volumen total de suelo por lateral. Depende básicamente del tipo de suelo y la acción combinada de las fuerzas métricas y gravimétricas que originan la forma del bulbo, que en general presenta la configuración.

Además del tipo de suelo va a depender, del caudal del emisor (a mayor caudal bulbos más anchos), de la cantidad de tiempo de riego, de la pendiente, de presencia de capa impermeable y de la homogeneidad del suelo en general.

A continuación se presentan las formas de obtener este valor:

$$1. P = \frac{\text{Volumen de suelo mojado}}{\text{Volumen total de suelo por surcos}} \quad (2.9)$$

$$2. P = \frac{(\text{ancho del bulbo húmedo}) (\text{Profundidad del bulbo}) (\text{Longitud del surco})}{(\text{Ancho del surco}) (\text{Profundidad del bulbo}) (\text{Longitud del surco})}$$

3. Tablas recomendadas por estudiosos, (Karmelli-Keller)

Se calculó según la siguiente fórmula:

$$P = \frac{(\text{Ancho del bulbo húmedo}) (\text{Profundidad del bulbo}) (\text{Longitud del surco})}{(\text{Ancho del surco}) (\text{Profundidad del bulbo}) (\text{Longitud del surco})}$$

Los datos del ancho y la profundidad del bulbo húmedo para diseño se obtuvieron de acuerdo al máximo desarrollo o expansión y profundidad de sus raíces en la condición óptima de los diferentes cultivos.

(Ver anexo II tabla 37)

La expansión de las raíces en los diferentes cultivos es 0.4 m, según datos obtenido por los estudios agronómicos realizados en el sitio de estudio. Tanto la Chiltoma, el Pepino y el Pipián comparten el mismo marco de plantación diseñados por los agrónomos de la Empresa la Unión S.A. Por tanto los datos calculados que a continuación se presentan son compartidos por los diferentes cultivos.

(Observar la siguiente tabla).

**Tabla # 4.3: Cálculo del Porcentaje de Superficie Mojada en las Fincas.**

Fincas	Longitud surco (m)	Ancho Surco (m)	Prof. Bulbo	Ancho Bulbo (m)	Separacion Laterales	P (%)	Valor por Keller y Karmeli (%)
Ruiz	126	1	0,5	0,4	1	40	40
Mariana	120	1	0,5	0,4	1	40	
Las Mercedes	135	1	0,5	0,4	1	40	
Nicolaza	100	1	0,5	0,4	1	40	
Pastora	120	1	0,5	0,4	1	40	

Valor aproximado al recomendado por Kéller y Karmeli, en su tabla de porcentaje del área humedecida en el riego por goteo publicada en 1975. P = 33% para suelos de textura gruesa, regados con laterales espaciados a 1m y emisores con descarga menor que 1.3 lph separados 0.2 - 0.5 m.

(Ver anexos II Tabla 29).

### 4.2.10.3- Área mojada por emisor (Ae).

En este caso se estudió y visualizó la forma y dimensiones del bulbo húmedo en el que intervienen los factores como textura, estratigrafía del suelo, caudal del emisor y tiempo de riego.

El área teóricamente se calculara de la siguiente manera:

$$Ae = 3.1416 * R^2 \quad (2.10)$$

Donde:

Ae: Área mojado por el emisor ( $m^2$ ).

R: Radio del bulbo húmedo (m).

Sin embargo, esta fórmula asume que el emisor refleja un diámetro perfecto, lo cual es inequívoco, ya que en la realidad, el área se mira afectado por otros factores tales como caudal más su aplicación y tipo de suelo.

$$Ae = 3.1416 * R^2$$

$$R = D/2 = 0.4 / 2 = 0.2 \text{ m}$$

$$Ae = 3.1416 * (0.2 \text{ m})^2$$

$$Ae = 0.126m^2$$

Donde:

D: Ancho bulbo húmedo

#### 4.2.10.4 -Cálculo del número mínimo de emisores por planta (e).

Los tipos de emisores que se deben emplear en un sistema de riego localizado, están definidos por una serie de factores que se deben evaluar conjuntamente para lograr un buen resultado final en lo que se refiere al aprovechamiento del agua aplicada.

El número de los emisores a utilizar en el sistema de riego, determina el porcentaje de Superficie mojada del suelo, por lo tanto, tiene alta importancia agronómica.

Se calcula de la siguiente manera:

$$e = \frac{\text{Sup.} \times P}{100 \times Ae} \quad (2.11)$$

Donde:

- e: Número de emisores por planta.
- Sup.: Superficie ocupado por planta en m<sup>2</sup> (Marco de plantación).
- P: Porcentaje de suelo mojado.
- Ae: Área mojada por emisor (m<sup>2</sup>).

$$e = \frac{\text{Sup.} * P}{100 * Ae} \quad \text{donde; Sup.: } 0.8\text{m} * 1\text{m} = 0.8 \text{ m}^2$$

$$e = \frac{(0.8\text{m}^2) (40\%)}{(0.126\text{m}^2) (100)}$$

e = 2.54 equivalente a 3 emisores por planta en m<sup>2</sup>.

### 4.2.10.5- Volumen del emisor (Ve).

Corresponde al volumen de agua a aplicar en el mes de máxima demanda hídrica del cultivo. Se calcula de la siguiente manera:

$$\mathbf{Ve = Sup * Ps * Nt} \quad \mathbf{(2.12)}$$

Donde:

- Ve: Volumen de agua a aplicar (lt/día/planta)
- Nt: Necesidad o norma total del período (lt/m<sup>2</sup>/día).
- Sup: Marco de plantación (m<sup>2</sup>).
- Ps: Porcentaje de área ocupado por la planta en estado adulto.  
Ps = 1 para los cultivos.

#### 4.2.10.6- Intervalo de riego (I).

Depende de la capacidad de almacenamiento del suelo y de la evaporación del cultivo. Es el espacio de tiempo que la planta tiene para que se le suministre el agua a través del riego, la cual es fijada por el diseñador.

Esta se calcula de la siguiente manera:

$$I = Nt / Ve \quad (2.13)$$

Donde:

- I: Intervalo de riego en días.
- Nt: Necesidad total de riego lt/día.
- Ve: Volumen del emisor en cada riego dado en litros.

En este diseño el intervalo de riego para la Chiltoma y de más cultivos será de un día tomando en cuenta que el clima en el municipio de Quezalguaque es muy calido, por ello se hace necesario mantener un intervalo no muy largo.

#### 4.2.10.7-Tiempo de riego (Tr).

Es la duración del riego para satisfacer la necesidad de agua en el suelo. Se calcula con la siguiente fórmula:

$$Tr = Ve / (Qe * e) \quad (2.14)$$

Donde:

- Tr: Tiempo de riego (horas por emisor).
- Ve: Volumen del emisor (litro / emisor).
- Qe: Caudal del emisor (litro / hora).
- e: Numero de emisores por planta en m<sup>2</sup>. (3 emisores por m)



#### 4.2.10.8-Cálculo de las necesidades hídricas en los cultivos.

##### 4.2.10.8.1-Necesidades del cultivo de la chiltoma.

En las siguientes tablas que se presentan a continuación se reflejan los cálculos de las necesidades netas e hídricas en la Chiltoma a partir de la evapotranspiración máxima o real obtenida anteriormente a través del análisis de la Evapotranspiración potencial. (Observar las siguientes tablas).

**Tabla # 4.4: Necesidades Hídricas de la Chiltoma**

<b>Etapas</b>	<b>Etmax (mm/día)</b>	<b>Kl</b>	<b>Etc<sub>cor</sub> (mm/día)</b>
<b>Inicial</b>	1,42 - 1,69	1	1,42 - 1,69
<b>Vegetativa</b>	3,38 - 3,53	1	3,38 - 3,53
<b>Floración</b>	5,59 - 5,24	1	5,59 - 5,24
<b>Form.Cosecha</b>	4,69	1	4,69
<b>Cosecha</b>	4,42 - 4,67	1	4,42 - 4,67

Fuente: Propia

**Tabla #4.5: Necesidades Netas de la Chiltoma**

<b>Etapas</b>	<b>Etmax (mm/día)</b>	<b>Nn (mm/día)</b>
<b>Inicial</b>	1,42 - 1,69	1,42 - 1,69
<b>Vegetativa</b>	3,38 - 3,53	3,38 - 3,53
<b>Floración</b>	5,59 - 5,24	5,59 - 5,24
<b>Form.Cosecha</b>	4,69	4,69
<b>Cosecha</b>	4,42 - 4,67	4,42 - 4,67

Fuente: Propia

El valor de la norma neta dada por la ecuación anterior nos indica la capacidad de retención de agua del suelo, pero en nuestro caso la norma neta es el valor de E<sub>tr</sub> (corregida) del cultivo por ser la que se requiere para el desarrollo de las plantas en sus diferentes etapas.

**Tabla # 4.6: Lamina Requerida por Día para la Chiltoma.**

<b>Etapas</b>	<b>Nn (mm/día)</b>		<b>Nb (mm/día)</b>		<b>Nt (mm/día)</b>		<b>La (mm/día)</b>	
<b>Inicial</b>	1,42	1,69	149	178	1,57	1,87	1,57	1,87
<b>Vegetativa</b>	3,38	3,53	356	372	3,75	3,91	3,75	3,91
<b>Floracion</b>	5,59	5,24	588	552	6,19	5,81	6,19	5,81
<b>Form.Cosecha</b>	4,69		494		5,20		5,20	
<b>Cosecha</b>	4,42	4,67	465	492	4,90	5,17	4,90	5,17

Fuente: Propia

**Tabla # 4.7: Necesidad del Cultivo para Todo el Ciclo (mm)**

<b>Etapas</b>	<b>La (mm/día)</b>		<b>Duracion etapas/días</b>	<b>La por etapa (mm/día)</b>	
<b>Inicial</b>	1,57	1,87	28	43,96	52,36
<b>Vegetativa</b>	3,75	3,91	45	168,75	175,95
<b>Floracion</b>	6,19	5,81	9	55,71	52,29
<b>Form.Cosecha</b>	5,20		20	104,00	
<b>Cosecha</b>	4,90	5,17	35	171,50	180,95
			<b>Necesidad Total</b>	543,92	565,55

Fuente: Propia

Cu: coeficiente de uniformidad

Cu = 0.95; asumido para diseño

K = 1 - 0.95 = 0.05

**Tabla # 4.8: Tiempo de Riego del Cultivo Chiltoma**

<b>Etapas</b>	<b>Nt (mm/día)</b>		<b>Ve (lt/emisor)</b>		<b>Tr (horas/emisor)</b>		<b>Tr (minutos/emisor)</b>	
<b>Inicial</b>	1,57	1,87	1,26	1,50	0,32	0,38	19	23
<b>Vegetativa</b>	3,75	3,91	3,00	3,13	0,77	0,80	46	48
<b>Floracion</b>	6,19	5,81	4,95	4,65	1,27	1,19	76	72
<b>Form.Cosecha</b>	5,20		4,41		1,13		68	
<b>Cosecha</b>	4,90	5,17	3,92	4,14	1,01	1,06	60	64

Fuente: Propia

A continuación en las siguientes tablas se presentan las necesidades hídricas de los cultivo Pepino y Pipian, calculada tomando en cuenta el procedimiento anteriormente definido para el calculo de las necesidades hídricas de la chiltoma.

#### 4.2.10.8.2-Necesidades en los cultivos Pepino y Pipian.

Se realizó el cálculo de las necesidades hídricas para el Pepino y el Pipian en conjunto, debido a que estos cultivos son de igual agronomía por pertenecer a la misma familia.

(Observar las siguientes tablas).

**Tabla # 4.9: Evapotranspiración Real o Máxima en el Pepino y Pipían**

MESES	ENERO		FEBRERO		MARZO		ABRIL		MAYO	
Evap. Pana (mm/dia)	4,74		5,64		5,88		5,52		5,84	
Kp	0,6		0,6		0,6		0,6		0,8	
Etp corregida (mm/dia)	4,74		5,64		5,88		5,52		5,84	
Etap	Inicial		Vegetativa		Floracion		Form.Cosecha		Cosecha	
Fecha	Ene	Ene	Ene	Feb	Feb	Mar	Mar	Abr	Abr	May
	15	25	26	12	13	21	22	13	14	6
Kc	0,40		0,70		0,95		0,80		0,65	
Dias	10		6		12		16		21	
Et. Max (mm/dia)	1,90		3,32		3,95		5,36		5,59	
Uso Consultivo (UC)	19,00		19,92		47,40		85,76		117,39	
Et. Max/etapa	19,00		67,32		203,15		104,45		83,77	

Fuente: Propia

**Tabla # 4.10: Necesidades Hídricas del Pepino y Pipían**

Etap	Etmx (mm/dia)		Kl	Etcx (mm/dia)	
Inicial	1,90		1	1,90	
Vegetativa	3,32	3,95	1	3,32	3,95
Floracion	5,36	5,59	1	5,36	5,59
Form.Cosecha	4,42	4,70	1	4,42	4,70
Cosecha	3,59	3,80	1	3,59	3,80

Fuente: Propia

**Tabla # 4.11: Necesidades Netas (Nn) del Pepino y Pipían**

<b>Etapas</b>	<b>Etcor (mm/día)</b>		<b>Nn (mm/día)</b>	
<b>Inicial</b>	1,90		1,90	
<b>Vegetativa</b>	3,32	3,95	3,32	3,95
<b>Floracion</b>	5,36	5,59	5,36	5,59
<b>Form.Cosecha</b>	4,42	4,70	4,42	4,70
<b>Cosecha</b>	3,59	3,80	3,59	3,80

Fuente: Propia

**Tabla # 4.12: Lámina Requerida por Día para el Pepino y el Pipían**

<b>Etapas</b>	<b>Nn (mm/día)</b>		<b>Nb (mm/día)</b>		<b>Nt (mm/día)</b>		<b>La (mm/día)</b>	
<b>Inicial</b>	1,90		200		2,11		2,11	
<b>Vegetativa</b>	3,32	3,95	349	416	3,68	4,38	3,68	4,38
<b>Floracion</b>	5,36	5,59	564	588	5,94	6,19	5,94	6,19
<b>Form.Cosecha</b>	4,42	4,70	465	495	4,90	5,21	4,90	5,21
<b>Cosecha</b>	3,59	3,80	378	400	3,98	4,21	3,98	4,21

Fuente: Propia

**Tabla # 4.13: Necesidad del Pepino para todo el Ciclo (mm)**

<b>Etapas</b>	<b>La (mm/día)</b>		<b>Duración etapas/días</b>	<b>La por etapa (mm/día)</b>	
<b>Inicial</b>	2,11		10	21,10	
<b>Vegetativa</b>	3,68	4,38	18	66,24	78,84
<b>Floracion</b>	5,94	6,19	37	219,78	229,03
<b>Form.Cosecha</b>	4,90	5,21	23	112,70	119,83
<b>Cosecha</b>	3,98	4,21	23	91,54	96,83
			<b>Necesidad Total</b>	511,36	545,63

Fuente: Propia

**Tabla # 4.14: Necesidad del Pipían para todo el Ciclo (mm)**

<b>Etapas</b>	<b>La (mm/día)</b>		<b>Duración etapas/días</b>	<b>La por etapa (mm/día)</b>	
<b>Inicial</b>	2,11		8	16,88	
<b>Vegetativa</b>	3,68	4,38	31	114,08	135,78
<b>Floración</b>	5,94	6,19	21	124,74	129,99
<b>Form.Cosecha</b>	4,90	5,21	31	151,90	161,51
<b>Cosecha</b>	3,98	4,21	16	63,68	67,36
			<b>Necesidad Total</b>	471,28	511,52

Fuente: Propia

**Tabla # 4.15: Tiempo de Riego del Cultivo Pepino y Pipían**

<b>Etapas</b>	<b>Nt (mm/día)</b>		<b>Ve (lt/emisor)</b>		<b>Tr (horas/emisor)</b>		<b>Tr (minutos/emisor)</b>	
<b>Inicial</b>	2,11		1,69		0,43		26	
<b>Vegetativa</b>	3,68	4,38	2,94	3,50	0,75	0,90	45	54
<b>Floración</b>	5,94	6,19	4,75	4,95	1,22	1,27	73	76
<b>Form.Cosecha</b>	4,90	5,21	3,92	4,17	1,01	1,07	60	64
<b>Cosecha</b>	3,98	4,21	3,18	3,37	0,82	0,86	49	52

Fuente: Propia

#### 4.2.11-PRECIPITACION HORARIA DEL SISTEMA DE RIEGO (Phr).

Es la intensidad de agua emanada del sistema de riego y depositada en el suelo en tiempo horario controlado para ayudar a definir la capacidad de infiltración que tiene el suelo durante el tiempo de riego.

Tomando en cuenta que la precipitación horaria debe de ser menor o igual que la velocidad de infiltración del suelo en cada finca, de lo contrario se producirá encharcamiento que causaría enfermedades que dañarían al cultivo.

La Phr se calcula en base al caudal del emisor  $q_e$  (l/h) y del porcentaje de superficie mojada (Ps).

$$Phr = \frac{qe * 100}{Se * Sl * Ps} \quad (2.15)$$

Donde:

Phr: Precipitación horaria del sistema de riego (mm/h).

qe: Caudal del emisor (l/h).

Se: Separación entre emisores (m).

Sl: Separación entre laterales (m).

P: Porcentaje de superficie mojada %.

A continuación es necesario comparar la precipitación horaria, con la velocidad de infiltración (I) del suelo, de manera que se cumpla Phr (mm/h) menor o igual a I (mm/h).

$$Phr = \frac{qe * 100}{Se * Sl * Ps}$$

$$Phr = \frac{1.3 \text{ lt/hr} * 100}{0.35\text{m} * 1\text{m} * 40\%}$$

$$Phr = 9.29 \text{ mm/h.}$$

En la siguiente tabla # 4.16 se presentan la comparación de las precipitaciones horarias del emisor con las distintas velocidades de infiltración del suelo en las diferentes parcelas en estudio. Hay que tener en cuenta que la Phr será igual para todos los sistemas de riego en las fincas por tener un sistema estándar y compartir los mismos datos en el marco de plantación de los diferentes cultivos.

$$Phr \text{ (mm/h)} \leq VI \text{ (mm/h)}$$

**Tabla # 4.16**

Fincas	Phr (mm/hr)	VI (cm/hr)	VI (mm/hr)
Ruiz	9.29 ≤	13,12	131,2
Mariana		18,22	182,2
Las Mercedes		12,08	120,8
Nicolaza		20,57	205,7
Pastora		20,43	204,3

Fuente: Propia

El Phr es menor que VI por lo tanto es aceptable de acuerdo al parámetro establecido anteriormente.

### 4.3- DISEÑO HIDRÁULICO

A continuación se presentan los siguientes datos los cuales son compartidos por todas las fincas en estudio en lo que al marco de plantación de los diferentes cultivos (Chiltoma, Pepino, Pipian) se refiere, sin embargo con respecto a las áreas de riegos estos son diferentes en cada parcela.

#### 4.3.1-PRESENTACION DE DATOS.

Shileras:	1 m.
Splantas:	0.8 m.
Slateral (ELat):	1 m.
Semisor (Ee):	0.35 m.
*Qemisor (qe):	1.3 lph.
*Coeficiente de variación (Cv):	0.03
* Presión de trabajo del emisor:	10 mca
*Tipo de cinta para riego:	tipo Eurodrip
M:	2.50 (Asumido para diseño)
Área del terreno a regar:	(Observar tabla # 4.18)

**Tabla # 4.17: Área del Campo en cada Parcela a Regar**

<b>FINCAS</b>	<b>ANCHO (m)</b>	<b>LARGO (m)</b>	<b>AREA (m²)</b>	<b>AREA (Mz)</b>
<b>Ruiz</b>	42	136	5712	0,81
<b>Mariana</b>	50	130	6500	0,93
<b>Las Mercedes</b>	45	155	6975	0,99
<b>Nicolaza</b>	45	100	4500	0,64
<b>Pastora</b>	45	130	5850	0,83

Fuente: Propia

(Ver anexo II tabla #33)

### **4.3.2-DISEÑO DEL LATERAL**

#### **4.3.2.1-Número de emisor por planta (e).**

$$e = 1 / (Ee * Elat) \quad (3.1)$$

$$e = 1 / (0.35 * 1)$$

$$e = 2.85 \approx 3 \text{ emisor/ m}^2$$

#### **4.3.2.2-Caudal mínimo de trabajo (qmin).**

El caudal mínimo depende del coeficiente de uniformidad (CU) que se desea obtener en la distribución del agua de la sub-unidad o unidad. Se calcula de la siguiente manera:

$$qmin = [1 - (1.27 * Cv)] qe \quad (3.2)$$

Donde:

Cv: Coeficiente de variación en la fabricación del emisor

qe: Caudal nominal o de trabajo del emisor (l/h)



$$q_{min} = [1 - (1.27 \times C_v)] q_e$$
$$q_{min} = [1 - (1.27 \times 0.03)] 1.3 \text{ lph.}$$
$$q_{min} = 1.25 \text{ lph.}$$

#### 4.3.2.3-Coeficiente de uniformidad del sistema.

$$C_u = [1 - (1.27 \times C_v / e^{1/2})] \times (q_{min} / q_e) \times 100 \quad (3.3)$$

Donde:

- Cv: Coeficiente de variación del emisor, (Según catalogo).
- e: N° de emisores por planta.
- qmin: Caudal mínimo de trabajo.
- qe: Caudal de trabajo del emisor.

$$C_u = [1 - (1.27 \times 0.03 / (2.85)^{1/2})] \times (1.25 / 1.3) \times 100$$
$$C_u = 93.98 \%$$

#### 4.3.2.4- Presión de trabajo (Hn)

La elección de la presión de trabajo (Hn) o presión nominal se puede obtener de dos formas, una es calculándola con la ecuación del emisor, la otra es por medio de los catálogos de fabrica. En nuestro caso se tomo el valor del catálogo (10 mca) de la cinta tipo Eurodrip de fabricación Europea.

#### 4.3.2.5- Presión mínima de trabajo (hmin).

Se calcula con la ecuación del emisor de la siguiente manera:

$q_{min} \text{ (lt/hr)} = K_d \times h_{min}^x$ ; de donde despejamos la presión:

$$h_{min} = (q_{min} / k_d)^{1/x} \quad (3.4)$$

Donde:

hmin: Es la presión mínima del lateral (m)

qmin: Caudal mínimo (lph)

Kd: 0.40. Coeficiente del emisor según tabla

X: 0.56. Exponente de descarga del emisor según tabla.

Ver anexo II tabla 33)

$$hmin = (qmin / 0.40)^{1 / 0.56}$$

$$hmin = (1.25 \text{ lph} / 0.40)^{1 / 0.56}$$

$$hmin = 7.65 \text{ m.}$$

### 4.3.2.6- Pérdida de carga permisible ( $\Delta H$ ).

La pérdida de carga máxima que se permite en la sub-unidad o unidad de riego se calcula de la siguiente manera:

$$\Delta H = M (Hn - hmin) \quad (3.5)$$

Donde:

M: Es la relación entre la diferencia de presiones máxima y mínima de la sub-unidad de riego y la diferencia entre la media y la mínima de la misma sub-unidad o unidad. Fluctúa entre 2 y 4.5 recomendándose para diseño 2.5.

(Ver Anexo II tabla 39).

Hn: Presión media nominal del sistema (m).

$$\Delta H = M (Hn - hmin)$$

$$\Delta H = 2.5 * (10\text{mca} - 7.65\text{mca})$$

$$\Delta H = 5.88 \text{ mca}$$

#### 4.3.2.7-Caudal de trabajo del lateral (Qlat).

Se calcula de la siguiente manera:

$$\# \text{ Emisor por lateral} = L / Ee + 1$$

Donde:

L: Longitud del lateral = largo de la parcela – Longitud requerida

Ee: Espaciamiento entre emisores  $\approx 0.35$  m.

Luego se calcula el caudal del lateral con la siguiente expresión.

$$Q_{lat} = \# \text{ emisores por lateral} * q_e \quad (3.6)$$

Donde:

$q_e$ : Caudal del gotero o emisor (1.3 lph).

Como el campo a regar de las fincas tiene diferentes longitudes a lo largo, se hace necesario calcular el número de emisor y el caudal de trabajo de los laterales para cada finca. Tomando en cuenta que la longitud de los laterales será igual a lo largo del campo de las fincas menos la longitud requerida (10, 20 ó 0 m) por efecto de accesibilidad al área de siembra y trabajos culturales. (Observar la siguiente tabla)

**Tabla # 4.18: Cálculo del Caudal Lateral en cada finca**

FINCAS	LARGO DE LA PARCELA (m)	LONG. LAT (m)	$q_e$ (lph)	# EMISORES / LATERAL	$Q_{lat}$ (lph)
Ruiz	136	126	1,3	360	468
Mariana	130	120	1,3	343	446
Las Mercedes	155	145	1,3	414	539
Nicolaza	100	100	1,3	286	371
Pastora	130	120	1,3	343	446

Fuente: Propia

#### 4.3.2.8- Pérdida de carga Unitaria en el Lateral (J).

Viene dada en m y su ecuación es:

$$J = (0.355 \times Q_{lat}^{1.85} / D^{4.85}) \quad (3.7)$$

Donde:

J: Pérdida de carga por fricción (m)

Q<sub>lat</sub>: Caudal en el lateral (lph)

D: Diámetro del lateral (16 mm).

(Observar la siguiente tabla)

**Tabla # 4.19: Cálculo de la Pérdida de Carga Unitaria del Lateral en cada Finca.**

Fincas	Q <sub>lat</sub> (lph)	Ø CINTA (mm)	J (m)
Ruiz	468	16	0,04469
Mariana	446	16	0,04088
Las Mercedes	539	16	0,05803
Nicolaza	371	16	0,02908
Pastora	446	16	0,04088

Fuente: Propia

#### 4.3.2.9-Pérdida de carga por conexión en el lateral (J').

En los laterales la conexión de cada emisor produce una pérdida de carga, la cual se puede expresar como longitud equivalente del lateral (Fe), de tal manera que la perdida unitaria por este concepto quedaría.

$$J' = J [(Ee + Fe) / Ee]. \quad (3.8)$$

Donde:

- J': Perdida de carga unitaria (m)  
 Ee: Espaciamiento entre emisores (0.35 m).  
 Fe: Longitud equivalente de la conexión.

Para un diámetro de 16mm tipo estándar la longitud equivalente es 0.11 m.

(Ver anexos II tabla 40)

(Observar la siguiente tabla)

**Tabla # 4.20: Cálculo de la Pérdida de Carga por Conexión en el Lateral de cada parcela.**

FINCAS	PERDIDAS DE CARGA UNITARIA EN EL LATERAL (m)	PERDIDA DE CARGA POR CONEXIÓN (m)
Ruiz	0,04469	0,05874
Mariana	0,04088	0,05373
Las Mercedes	0,05803	0,07627
Niolaza	0,02908	0,03822
Pastora	0,04088	0,05373

Fuente: Propia

#### 4.3.2.10- Pérdida de carga por fricción en el lateral (Hf lat).

La perdida de carga por rozamiento viene dada así:

$$Hf \text{ lat} = J' * F * L \text{ lat.} \quad | \quad (3.9)$$

Donde:

- Hf lat: Perdida de carga en el lateral (m)  
 F: Es el coeficiente de Christiansen  
 F = 0.36 con número de salidas de más de 70.

(Ver anexo II Tabla 41).

Las pérdidas de carga por fricción en el lateral para cada finca se pueden apreciar en la siguiente tabla.

**Tabla # 4.21: Cálculo de la pérdida de Carga por Fricción en el lateral para cada finca.**

<b>FINCAS</b>	<b>LONGITUD LATERAL. (m)</b>	<b># EMISORES / LATERAL</b>	<b>PERDIDA DE CARGA POR CONEXIÓN (m)</b>	<b>COEFICIENTE DE REDUCCION DE CHRISTIANSEN "F"</b>	<b>Hflat (m)</b>
Ruiz	126	360	0,05874	0,36	2,66445
Mariana	120	343	0,05373	0,36	2,32114
Las Mercedes	145	414	0,07627	0,36	3,98129
Nicolaza	100	286	0,03822	0,36	1,37592
Pastora	120	343	0,05373	0,36	2,32114

Fuente: Propia

#### **4.3.2.11-Cálculo de la presión inicial en el lateral (Hm lat).**

$$\mathbf{Hm\ lat = Hn + 0.733 * Hf\ lat + ds/2} \quad \mathbf{(3.10)}$$

Donde:

Hm lat: Presión inicial en el lateral (m)

Hn: Presión mínima en el lateral (m)

Hf lat: Perdida en el lateral (m)

ds: Diferencia de desnivel en el terreno ( $ds = L \times i$ ); donde

L: Longitud del lateral (m)

i: Pendiente del terreno en % ó m.

(Observar las siguientes tablas)

**Tabla # 4.22: Diferencia de Elevación entre los Extremos de los Laterales en cada Finca**

<b>FINCAS</b>	<b>COTA INICIAL (m)</b>	<b>COTA FINAL (m)</b>	<b>DIFERENCIA ELEVACION "ds" (m)</b>	<b>ds / 2 (m)</b>
<b>Ruiz</b>	99,45	99,30	0,15	0,08
<b>Mariana</b>	99,40	99,05	0,35	0,18
<b>Las Mercedes</b>	99,55	99,35	0,20	0,10
<b>Nicolaza</b>	99,60	99,40	0,20	0,10
<b>Pastora</b>	99,85	99,80	0,05	0,02

Fuente: Propia

**Tabla # 4.23 Cálculo de la Presión Inicial en los Laterales de cada finca.**

<b>FINCAS</b>	<b>PRESION MEDIA DEL EMISOR (mca) Hn</b>	<b>PERDIDA DE CARGA POR FRICCION (m)</b>	<b>ds / 2 (m)</b>	<b>PRESION INICIAL LATERAL (m)</b>
<b>Ruiz</b>	10	2,66445	0,08	12,0330
<b>Mariana</b>	10	2,32114	0,18	11,8814
<b>Las Mercedes</b>	10	3,98129	0,10	13,0183
<b>Nicolaza</b>	10	1,37592	0,10	11,1085
<b>Pastora</b>	10	2,32114	0,20	11,9014

Fuente: Propia

#### 4.3.2.12- Presión mínima al final del lateral (hmin).

$$hmin = Hmlat - Hflat - ds \quad (3.11)$$

Donde:

hmin: Presión mínima del lateral (m)

HmLat: Presión inicial en el lateral (m)

Hflat: Perdida en el lateral (m)

ds: Desnivel en el terreno (m)

(Observar la presente tabla)

**Tabla # 4.24: Cálculo de la Presión Mínima al Final de los Laterales en cada Parcela.**

FINCAS	PRESION INICIAL LATERAL (m)	PERDIDA DE CARGA POR FRICCION (m)	ds (m)	PRESION MINIMA DEL LATERAL (Hmin) mca
Ruiz	12,0330	2,66445	0,15	9,2186
Mariana	11,8814	2,32114	0,35	9,2103
Las Mercedes	13,0183	3,98129	0,20	8,8370
Nicolaza	11,1085	1,37592	0,20	9,5326
Pastora	11,9014	2,32114	0,05	9,5303

Fuente: Propia

#### 4.3.2.13- Comprobación de la diferencia de presión permisible en el lateral.

$$\Delta H_{lat} = H_{mlat} - h_{min} = H_f \text{ lat} + ds \leq \Delta H \quad (3.12)$$

$$\Delta H_{lat} \leq \Delta H$$

Donde:

- $\Delta H_{lat}$ : Diferencia de presión
- $\Delta H$ : Diferencia de presión permisible (5.88m)
- $H_{mlat}$ : Presión inicial en el lateral (m)
- $h_{min}$ : Presión mínima en el lateral (m)

(Observar las siguientes tablas)

**Tabla # 4.25: Diferencias Permisibles en los Laterales en cada Parcela**

FINCAS	PRESION INICIAL LATERAL (m)	PRESION MINIMA DEL LATERAL	HmLat -hminlat	PERDIDA DE CARGA POR FRICCION Hflat	ds (m)	Hflat + ds
Ruiz	12,0330	9,2186	2,8144	2,66445	0,15	2,8144
Mariana	11,8814	9,2103	2,6711	2,32114	0,35	2,6711
Las Mercedes	13,0183	8,8370	4,1813	3,98129	0,20	4,1813
Nicolaza	11,1085	9,5326	1,5759	1,37592	0,20	1,5759
Pastora	11,9014	9,5303	2,3711	2,32114	0,05	2,3711

Fuente: Propia



**Tabla # 4.26: Comprobación de la Norma  $\Delta H_{lat} \leq \Delta H$**

<b>FINCAS</b>	<b><math>\Delta H_{lat}</math></b>	<b><math>\Delta H</math></b>
<b>Ruiz</b>	2,8144	5,88
<b>Mariana</b>	2,6711	5,88
<b>Las Mercedes</b>	4,1813	5,88
<b>Nicolaza</b>	1,5759	5,88
<b>Pastora</b>	2,3711	5,88
<b>cumple la norma establecida</b>		

Fuente: Propia

### 4.3.3- DISEÑO DE LA TUBERIA TERCIARIA.

La tubería terciaria, dentro de una sub-unidad o unidad operacional de riego, es la que alimenta a las tuberías laterales, en este caso son tuberías de PVC la cual esta enterrada a 0.40 m de donde salen mangueras de toma de polietileno que alimentaran a los laterales. Esta tubería terciaria estará distribuida a lo ancho del campo permitiendo formar una unidad operacional de dos sub-unidades las cuales llamaremos sub-unidad I y sub-unidad II.

(Ver Anexos I Plano de Diseño del Sistema de Riego por Goteo N° 1)

La máxima velocidad permisible es de 2.5 m/seg en esta tubería y su diseño se realiza a partir de la presión inicial en el lateral ( $H_{mlat}$ ).

$$H_a = H_{mlat} \quad (3.13)$$

Observar las siguientes tablas:

**Tabla # 4.27: Presión Inicial en los Laterales de las Diferentes Fincas**

<b>FINCAS</b>	<b>PRESION INICIAL EN EL LATERAL (mca)</b>
<b>Ruiz</b>	12,0330
<b>Mariana</b>	11,8814
<b>Las Mercedes</b>	13,0183
<b>Nicolaza</b>	11,1085
<b>Pastora</b>	11,9014

Fuente: Propia

#### 4.3.3.1- Pérdida de carga permisible en la tubería terciaria ( $\Delta H_t$ ).

$$\Delta H_t = \Delta H - H_f \text{ lat} \quad (3.14)$$

**Tabla # 4.28: Cálculo de la Pérdida de Carga Permisible en cada Terciaria de las Parcelas**

FINCAS	PERDIDA DE CARGA PERMISIBLE $\Delta H$ (m)	PERDIDA DE CARGA POR FRICCION $H_{flat}$ (m)	$\Delta H_t$ (m)
<b>Ruiz</b>	5,88	2,66445	3,2156
<b>Mariana</b>	5,88	2,32114	3,5589
<b>Las Mercedes</b>	5,88	3,98129	1,8987
<b>Nicolaza</b>	5,88	1,37592	4,5041
<b>Pastora</b>	5,88	2,32114	3,5589

Fuente: Propia

#### 4.3.3.2- Cálculo del número de laterales en la tubería terciaria.

Actualmente en el campo de cada finca no se está regando en su totalidad. Es decir, que los sistemas que se encuentra actualmente no cubren toda el área del terreno preparado para la siembra, desaprovechando de esta manera área para mayor número de plantación. Por lo tanto en esta propuesta de diseño se ha incrementado el número de laterales hasta donde lo permita el espacio que se requiere para labores culturales y libre movilidad de los implementos agrícolas, por esto apartir de la longitud del ancho del campo permitido se definir:

- Numero de laterales
- Longitud de las tuberías terciarias.

Estos laterales estarán distribuidos en igual cantidad, entre 2 tuberías terciarias cuyas longitudes serán igual al número de laterales correspondientes, esto porque la separación entre laterales es de 1m. Cada terciaria formara como se dijo anteriormente una sub-unidad con sus respectivos accesorios.

Es decir que este sistema consta de una unidad de dos sub-unidades la cual llamaremos sub-unidad I y sub-unidad II donde cada una esta constituida por una tubería con sus respectivos laterales.

$$N^{\circ}. Lat = \text{Ancho del campo permitido} / \text{Espaciamiento entre Laterales} \quad (3.15)$$

Donde:

$$\boxed{\text{Ancho del campo permitido}} = \boxed{\text{Ancho del campo de la parcela}} - \boxed{\text{Espaciamiento requerido}}$$

N°. Lat: Número de laterales

A partir de los datos de campo

(Observar la siguiente tabla)

**Tabla # 4.29: Cálculo del número de Laterales en cada Tubería Terciaria de las Parcelas**

FINCAS	ANCHO DEL CAMPO EN LA PARCELA	ESPACIO REQUERIDO (m)	ANCHO DEL CAMPO PERMITIDO (m)	ESP. LATERAL (m)	N° LAT	N° LAT EN CADA TUBERIA TERCARIA
Ruiz	42	10	32	1	32	16
Mariana	50	15	35	1	35	18
Las Mercedes	45	15	30	1	30	15
Nicolaza	45	5	40	1	40	20
Pastora	45	10	35	1	35	18

Fuente: Propia

Ambas sub-unidades son de iguales longitudes y diámetros correspondientes a la tubería terciaria y lateral de igual manera tienen los mismos accesorios en el caballete de distribución.

Por esta razón el cálculo y resultado de caudal, velocidad, pérdidas, diámetro comercial y presión que corresponde a la tubería terciaria que se realizará a continuación para una sub-unidad es válida para ambas sub-unidades.

(Ver Anexos I Plano de Diseño del Sistema de Riego por Goteo N° 1)

#### 4.3.3.3- Caudal de la tubería terciaria (Q<sub>ter</sub>).

$$Q_{terc} = N^{\circ} \text{ lat} * Q_{lat} \quad (3.16)$$

Donde:

Q<sub>terc</sub>: Caudal de trabajo de cada la terciaria (lph).

Q<sub>lat</sub>: Caudal del lateral (lph).

N° lat: Número de laterales.

**Tabla # 4.30: Calculo del Caudal de cada Tubería Terciaria en cada Parcela**

FINCAS	N° LAT EN CADA TUBERIA TERCIARIA	Q <sub>lat</sub> (lph)	Q EN CADA TERCIARIA	
			lph	gpm
Ruiz	16	468	7488	33
Mariana	18	446	8028	35
Las Mercedes	15	539	8085	36
Nicolaza	20	371	7420	33
Pastora	18	446	8028	35

Fuente: Propia

#### 4.3.3.4- Determinación del diámetro en la tubería terciaria (D<sub>ter</sub>).

Despejando D a partir de la fórmula de continuidad y asumiendo una velocidad de flujo de 2m/s.

$$Q = V * A \quad (3.17)$$

$$Q = (V * \pi * D^2) / 4$$

$$D = \sqrt{4 * Q / \pi * V}$$

**Tabla # 4.31: Calculo del Diámetro de la Tubería Terciaria en las Fincas**

FINCAS	Q EN CADA TERCIARIA (lph)	Q EN CADA TERCIARIA (m³/seg)	VELOCIDAD DE FLUJO (m/seg)	Ø TERCARIA (cm)	Ø TERCIARIA (pulg)	Ø COMERCIAL TERCIARIA (pulg)
<b>Ruiz</b>	7488	0,002080	2	3,64	1,43	2
<b>Mariana</b>	8028	0,002230	2	3,77	1,48	2
<b>Las Mercedes</b>	8085	0,002246	2	3,78	1,49	2
<b>Nicolaza</b>	7420	0,002061	2	3,62	1,43	2
<b>Pastora</b>	8028	0,002230	2	3,77	1,48	2

Fuente: Propia

Como se puede apreciar en la tabla anterior los diámetros de las tuberías terciaria en pulgada son similares de diferencias decimales mínima entre sí, por lo tanto se adopta un diámetro comercial de 2" igual a 56mm de diámetro interno en lugar de 1" 1/5 por que disminuye considerablemente las perdidas por fricción a lo largo de la tubería terciaria de todas las pequeña parcelas.

#### 4.3.3.5- Cálculo de la velocidad de flujo de la tubería terciaria.

$$V = (4 * Q) / (3.1416 * D^2) \quad (3.18)$$

**Tabla # 4.32: Calculo de la Velocidad de Flujo en las Tuberías Terciarias en las Parcelas**

FINCAS	Q EN CADA TERCIARIA (m³/seg)	Ø COMERCIAL TERCARIA			VELOCIDAD DE FLUJO TERCARIA (m/seg)
		pulg	mm	mts	
<b>Ruiz</b>	0,002080	2	56	0,056	0,84
<b>Mariana</b>	0,002230	2	56	0,056	0,91
<b>Las Mercedes</b>	0,002246	2	56	0,056	0,91
<b>Nicolaza</b>	0,002061	2	56	0,056	0,84
<b>Pastora</b>	0,002230	2	56	0,056	0,91

Fuente: Propia

#### 4.3.3.6- Pérdida de carga unitaria en la tubería terciaria (Jter)

$$J_{ter} = (0.355) * (Q_{ter}^{1.85}/D^{4.85}) \quad (3.19)$$

**Tabla # 4.33: Cálculo de la Pérdida de Carga en las Tuberías Terciarias en las Parcelas**

FINCAS	Q EN CADA Terciaria (lph)	Ø Terciaria (mm)	PERDIDA DE CARGA UNITARIA EN LA Terciaria
Ruiz	7488	56	0,0173
Mariana	8028	56	0,0197
Las Mercedes	8085	56	0,0200
Nicolaza	7420	56	0,0171
Pastora	8028	56	0,0197

Fuente: Propia

#### 4.3.3.7- Pérdida de carga por conexión en la tubería terciaria (J'ter)

$$J'_{ter} = J_{ter} [(Elat + Fe) / Elat] \quad (3.20)$$

Donde:

J'ter: Pérdida de carga por conexión en la terciaria.

Fe: Longitud equivalente de la conexión (ver anexo).

Elat: Espaciamiento entre laterales.

Para un diámetro de 56 mm de tipo grande, su longitud equivalente de la conexión es: Fe = 0.05 m.

(Ver anexo II Tabla 40)

**Tabla # 4.34: Cálculo de la Pérdida de Carga por Conexión en las Tuberías Terciarias de cada Finca**

FINCAS	PERDIDA DE CARGA UNITARIA EN LA TERCIARIA	PERDIDA DE CARGA POR CONEXIÓN
Ruiz	0,0173	0,0182
Mariana	0,0197	0,0207
Las Mercedes	0,0200	0,0210
Nicolaza	0,0171	0,0180
Pastora	0,0197	0,0207

Fuente: Propia

#### 4.3.3.8- Pérdida de carga por fricción en la tubería terciaria ( $H_f$ ter).

$$H_f \text{ ter} = J'_{\text{ter}} * F * L_{\text{ter}} \quad (3.21)$$

Donde:

$H_f$  ter: Pérdida de carga por fricción en la terciaria.

F: Es el coeficiente de reducción de Christiansen para compensar la descarga a lo largo de la tubería.

$L_{\text{ter}}$ : Longitud de la terciaria igual al número de laterales.

Tomando en cuenta el numero de laterales en cada terciaria para cada pequeña parcela, el coeficiente de Christiansen es,  $F = 0.38$   
(Ver anexo II Tabla 41).

**Tabla # 4.35: Cálculo de Pérdida de Carga por Fricción en las Tuberías Terciarias en las Fincas**

FINCAS	PERDIDA DE CARGA POR CONEXIÓN	Nº LATERAL EN LA TERCIARIA	F	LONGITUD DE LA TERCIARIA (m)	$H_f$ ter. (m)
Ruiz	0,0182	16	0,38	16	0,11
Mariana	0,0207	18	0,38	18	0,14
Las Mercedes	0,0210	15	0,38	15	0,12
Nicolaza	0,0180	20	0,38	20	0,14
Pastora	0,0207	18	0,38	18	0,14

Fuente: Propia

#### 4.3.3.9- Presión inicial en la tubería terciaria (Hm ter).

$$Hm\ ter = Hm\ lat + (0.733 * Hf\ ter) + ds/2 \quad (3.22)$$

Donde:

Hm ter: Presión inicial en la terciaria (m)

ds: Diferencia de elevación en el terreno en los extremos de la tubería donde  $ds = L * i$  (L: longitud de la tubería terciaria y i: pendiente del terreno).

**Tabla # 4.36: Diferencia de Elevación del Terreno en la Terciaria**

FINCAS	LONG. Terciaria (m)	PENDIENTE DEL TERRENO "i" (%)	ds (m)	ds/2 (m)
Ruiz	21	2,5	0,53	0,26
Mariana	25	2,7	0,68	0,34
Las Mercedes	23	1,5	0,35	0,17
Nicolaza	23	2,7	0,62	0,31
Pastora	23	2,8	0,64	0,32

Fuente: Propia

**Tabla # 4.37: Presión Inicial en las Tuberías Terciarias en cada Finca**

FINCAS	PRESION INICIAL EN EL LATERAL	PERDIDA DE CARGA POR FRICCION (m)	ds/2 (m)	PRESION INICIAL TERC. (m)
Ruiz	12,0330	0,11	0,26	12,3736
Mariana	11,8814	0,14	0,34	12,3240
Las Mercedes	13,0183	0,12	0,17	13,2763
Nicolaza	11,1085	0,14	0,31	11,5211
Pastora	11,9014	0,14	0,32	12,3240

Fuente: Propia



#### 4.3.3.10- Presión mínima en la tubería terciaria ( $H_{min\ ter}$ ).

$$H_{min\ ter} = H_{mter} - H_{fter} - ds \quad (3.23)$$

Donde:

$H_{min\ ter}$ : Presión mínima en la terciaria (m)  
 $H_{mter}$ : Presión inicial en la terciaria (m)  
 $H_{fter}$ : Perdida por fricción en la terciaria (m)  
 $ds$ : Diferencia de desnivel en el terreno (m)

**Tabla # 4.38: Presión Mínima en las Tuberías Terciarias en cada Parcela**

FINCAS	PRESION INICIAL EN LA TERCARIA	PERDIDA DE CARGA POR FRICCION (m)	ds (m)	PRESION MINIMA TERC. (m)
Ruiz	12,3736	0,11	0,53	11,7336
Mariana	12,3240	0,14	0,68	11,5040
Las Mercedes	12,2763	0,12	0,35	11,8063
Nicolaza	11,5211	0,14	0,62	10,7611
Pastora	12,3240	0,14	0,64	11,5440

Fuente: Propia

#### 4.3.3.11- Comprobación de presión en la terciaria.

$$\Delta H_{ter} = H_{mter} - H_{minter} \quad (3.24)$$

$$\Delta H_{ter} \leq \Delta H_t$$

Donde:

$\Delta H_{ter}$ : Diferencia de presión (m)  
 $\Delta H_t$ : Diferencia de presión permisible (m)  
 $H_{mter}$ : Presión inicial en la terciaria (m)  
 $H_{min\ ter}$ : Presión mínima en la terciaria (m)

$$H_{mter} - H_{minter} = H_{fterc} + ds < \Delta H_t \quad (3.25)$$

**Tabla # 4.39: Diferencia de Presión en las Terciarias de cada Parcela**

FINCAS	PRESION INICIAL TERC. (m)	PRESION MINIMA TERC. (m)	Hmter- Hminter (m)	PERDIDA DE CARGA POR FRICCION TERCIARIA (m)	ds (m)	Hfter+ds
<b>Ruiz</b>	12,3736	11,7336	<b>0,64</b>	0,11	0,53	<b>0,64</b>
<b>Mariana</b>	12,3240	11,5040	<b>0,82</b>	0,14	0,68	<b>0,82</b>
<b>Las Mercedes</b>	12,2763	11,8063	<b>0,47</b>	0,12	0,35	<b>0,47</b>
<b>Nicolaza</b>	11,5211	10,7611	<b>0,76</b>	0,14	0,62	<b>0,76</b>
<b>Pastora</b>	12,3240	11,5440	<b>0,78</b>	0,14	0,64	<b>0,78</b>

Fuente: Propia

Cumpliendo la condición establecida en la formula 3.25, donde nos indica que  
 $H_{mter} - H_{minter} = H_{fterc} + ds$

**Tabla # 4.40: Comprobación de la Norma  $\Delta H_{ter} \leq \Delta H_t$**

$$\Delta H_{ter} = H_{fter} + ds \leq \Delta H_t$$

FINCAS	$\Delta H_{ter}$ (m)	$\Delta H_t$ (m)
<b>Ruiz</b>	0,64	3,216
<b>Mariana</b>	0,82	3,559
<b>Las Mercedes</b>	0,47	1,899
<b>Nicolaza</b>	0,76	4,504
<b>Pastora</b>	0,78	3,559
<b>DISEÑO ACEPTABLE</b>		

Fuente: Propia

Cumpliendo la comprobación de la norma establecida.

#### 4.3.4- DISEÑO DE LA TUBERIA PRINCIPAL Y SECUNDARIA

La distinción entre tubería secundaria ó primaria responde únicamente al orden que ocupan partir del cabezal. En nuestro caso la tubería principal en todas las fincas podríamos decir que es también la secundaria por que conduce el agua del pozo al caballete distribuidor el cual inmediatamente distribuye el agua a la tubería terciaria de cualquiera de las sub-unidades.

Su diseño es similar a la de todas las tuberías que llevan agua. Se utilizará para calcular las perdidas la fórmula propuesta por Hanzen - Williams.  
(Observar las siguientes tablas)

##### 4.3.4.1- Cálculo del diámetro de la tubería principal (Dprin).

$$D_{prin} = \sqrt{4 * Q / \Pi * V}$$

Asumiendo  $V = 2$  m/s.

Donde Q: Caudal de la tubería terciaria.

**Tabla # 4.41: Cálculo del Diámetro de la Tubería Principal en cada Parcela**

FINCAS	Q EN CADA TERCIARIA (m³/seg)	VELOCIDAD DE FLUJO (m/seg)	Ø PRINCIPAL (m)	Ø PRINCIPAL (pulg)	Ø COMERCIAL PRINCIPAL		
					pulg	mm	mts
Ruiz	0,002080	2	0,036	1,43	2	56	0,056
Mariana	0,002230	2	0,038	1,48	2	56	0,056
Las Mercedes	0,002246	2	0,038	1,49	2	56	0,056
Nicolaza	0,002061	2	0,036	1,43	2	56	0,056
Pastora	0,002230	2	0,038	1,48	2	56	0,056

Fuente: Propia

Como se puede apreciar en la tabla anterior los diámetros de las tuberías principales en pulgadas son similares de diferencias decimales mínima entre sí, por lo tanto se redondea a 1"1/2, sin embargo se elige diámetro de 2" igual a 56mm en diámetro interno en lugar de 1"1/2 en cada finca, por que disminuye considerablemente las perdidas por fricción a lo largo de las tuberías.

Es por esto que la tubería principal será de igual diámetro que la tubería terciaria.

#### 4.3.4.2- Cálculo de la velocidad de flujo en la tubería principal.

$$V = (4*Q) / (3.1416 * D^2)$$

Donde:

Q: Caudal de la tubería terciaria = caudal de la tubería principal

Dprin: Diámetro de la tubería principal definido anteriormente (2"=0.056m).

**Tabla # 4.42: Cálculo de la Velocidad de Flujo en las Tuberías Principales en cada Parcela**

FINCAS	Q EN CADA TERCIARIA (m <sup>3</sup> /seg)	Ø PRINCIPAL (m)	VELOCIDAD DE FLUJO PRINCIPAL (m/seg)
Ruiz	0,002080	0,056	0,84
Mariana	0,002230	0,056	0,91
Las Mercedes	0,002246	0,056	0,91
Nicolaza	0,002061	0,056	0,84
Pastora	0,002230	0,056	0,91

Fuente: Propia

#### 4.3.4.3-Pérdida por fricción en la tubería principal (Hf prin).

El cálculo de la pérdida por fricción en la tubería principal de cada finca se efectúa tomando en cuenta el diámetro definido anteriormente y el caudal de la tubería terciaria, pero con sus respectivas longitudes existentes en ellas, de esta manera garantizamos un cálculo más detallado para cada una.

$$H_f \text{ prin} = 10.646 * (Q/C)^{1.852} * L / (D^{4.87}) \quad (3.26)$$

Donde:

- Hf: Pérdida de carga en la tubería (m).  
 Q: Caudal del sistema (m³/s).  
 C: Coeficiente de rugosidad del material (PVC =150).  
 L: Longitud de la tubería (m).  
 D: Diámetro de la tubería (m).

**Tabla # 4.43: Cálculo de las Pérdidas por Fricción en las Tuberías Principales en cada Parcela**

FINCAS	Q TERCIARIO (m³/seg)	LONGITUD PRINCIPAL (m)	Ø PRINCIPAL(m)	Hfprin(m)
Ruiz	0,002080	15	0,056	0,20
Mariana	0,002230	35	0,056	0,53
Las Mercedes	0,002246	90	0,056	1,39
Nicolaza	0,002061	22	0,056	0,29
Pastora	0,002230	20	0,056	0,30

Fuente: Propia

#### 4.3.4.4- Perdida por accesorio en la tubería principal (hfloc).

$$hfloc = \sum K * V^2 / 2g \quad (3.27)$$

Donde:

- hfloc: Perdidas locales por accesorios (m)  
 K: Coeficiente de fricción según accesorios  
 V: Velocidad en (m/s)  
 g: Valor de la gravedad en el sistema internacional (m/s²)

El cálculo de las perdidas locales por accesorios en este diseño de la tubería principal se realizó tomando en cuenta el abastecimiento de agua de riego hacia una de las dos sub-unidades con sus respectivos accesorios en el

caballete distribuidor, es decir que los resultados de las pérdidas que se presentan a continuación es de los accesorios del caballete distribuidor que forma parte de la tubería principal y de los accesorio que se encuentra a lo largo de la misma tubería. Estos resultados serán validos para ambas sub-unidades por compartir la misma tubería principal y caballete distribuidor con sus respectivos accesorios.

(Ver anexo I: planos de diseño. #1 y #2)

(Observar la siguiente tabla)

**Tabla # 4.44: Cálculo de Pérdidas Locales en la Principal y Caballete Distribuidor**

FINCAS	ACCESORIOS	CANT	K	V (m/seg)	PERDIDAS LOCALES (m)
Ruiz	Codo 90 de 2"	4	1,7	0,84	0,30
	Tee 2"	1	1,1	0,84	
	Val. de pase (comp) 2"	1	0,4	0,84	
	$\Sigma Kt$		8,3	0,84	
Mariana	Codo 90 de 2"	4	1,7	0,91	0,35
	Tee 2"	1	1,1	0,91	
	Val. de pase (comp) 2"	1	0,4	0,91	
	$\Sigma Kt$		8,3	0,91	
Las Mercedes	Codo 90 de 2"	4	1,7	0,85	0,30
	Tee 2"	1	1,1	0,85	
	Val. de pase (comp) 2"	1	0,4	0,85	
	$\Sigma Kt$		8,3	0,85	
Nicolaza	Codo 90 de 2"	4	1,7	0,84	0,30
	Tee 2"	1	1,1	0,84	
	Val. de pase (comp) 2"	1	0,4	0,84	
	$\Sigma Kt$		8,3	0,84	
Pastora	Codo 90 de 2"	3	1,7	0,91	0,28
	Tee 2"	1	1,1	0,91	
	Val. de pase (comp) 2"	1	0,4	0,91	
	$\Sigma Kt$		6,6	0,91	

Fuente: Propia

### 4.3.5- DISEÑO DE LA TUBERIA DE IMPULSION.

#### 4.3.5.1- Pérdida por fricción en la tubería de impulsión (Hf imp).

$$H_{fimp} = 5\% * L_{imp} \text{ (m)} \quad (3.28)$$

Donde:

$L_{imp}$ : Longitud de tubería impulsión (m)

**Tabla # 4.46: Cálculo de Perdida por Fricción en la Tubería de Impulsión en el Pozo de cada Finca**

FINCAS	PROFUNDIDAD ESPEJO DE AGUA		ABATIMIENTO EN LA ZONA		PROFUNDIDAD DE TUBERIA POR NORMA		LONGITUD EN TUBERIA DE IMPULSION		Hf imp	
	pies	metros	pies	mca	pies	metros	pies	metros	pies	mca
<b>Ruiz</b>	82	25	6,0	1,85	20	6	108,00	33	5,40	1,65
<b>Mariana</b>	76	23	5,6	1,70	20	6	101,60	31	5,08	1,55
<b>Las Mercedes</b>	69	21	5,5	1,67	20	6	94,50	29	4,73	1,44
<b>Nicolaza</b>	79	24	5,8	1,77	20	6	104,80	32	5,24	1,60
<b>Pastora</b>	66	20	5,0	2,10	20	6	91,00	28	4,55	1,39

Fuente: Propia

#### 4.3.5.2- Perdidas locales o por accesorios en el cabezal (Hloc).

Las perdidas locales en el cabezal serán las mismas para todas las fincas en estudio por compartir el mismo diseño de la tubería de descarga en el cabezal por consiguiente en todas estas tendrán los mismos accesorios en el orden que corresponda según el diseño para su descarga. También es importante destacar que este diseño contempla la adaptación de un sistema de ferti-riego portátil cuyo principal accesorio es un tanque de fertilización o abonadoras de 30 lt que trabaja con una presión de 0.8 bar (12psi, 8mca) lo cual no producirá con este diseño perdidas considerable al sistema como tal.

$$H_{loc} = [\sum K \times (V^2 / 2g)] + h_{filtro} \quad (3.29)$$

(Ver anexo I: planos de diseño # 3)

**Tabla # 4.46: Calculo de Coeficientes Totales K según Accesorios en el Cabezal**

ACCESORIOS	CANTIDAD	COEFICIENTE DE FRICCION K SEGÚN ACCESORIOS	K TOTALES
Tee de 2" sujeta la valvula de alivio	1	1,10	1,10
Manometro 2"	1	---	0,00
Filtro de anilla 2"	1	---	0,00
Tee de 2"	2	1,10	2,20
Reductor de 2" a 1"	2	0,37	0,74
Reductor de 1" a ¾"	2	0,12	0,24
Valvula de pase (de globo) ¾"	2	6,70	13,40
Union Maleable ¾"	2	0,50	1,00
Valvula de pase (de globo) 2"	1	17,40	17,40
Codo de 45 de 2"	2	0,80	1,60
$\Sigma K$			37,68

Fuente: Propia

El manómetro estará sujetado a una unión lisa que no genera perdida según catalogo del fabricante (Amanco) y el filtro de anilla de 2" según su catalogo de fabrica (Amiad) produce perdida de 5m.

**Tabla # 4.47: Calculo de Perdida por Accesorios en la Tubería del Cabezal en cada Finca**

FINCAS	$\Sigma K$	VELOCIDAD DE FLUJO TUBERIA PRINCIPAL (m/seg)	PERDIDAS DEL FILTRO (m)	PERDIDAS LOCALES POR ACCESORIOS (mca)
Ruiz	37,68	0,84	5	6,35
Mariana	37,68	0,91	5	6,58
Las Mercedes	37,68	0,91	5	6,58
Nicolaza	37,68	0,84	5	6,35
Pastora	37,68	0,91	5	6,58

Fuente: Propia



#### 4.3.5.3- Pérdidas por fricción en la tubería del cabezal (Hfcab).

$$H_{fcab} = 10.646 * (Q/C)^{1.852} * L_t / (D^{4.87}) \quad (3.30)$$

Donde

$L_t$  = Hloc + long. tub de descarga (5m)

Q: Caudal en la tubería del cabezal = caudal en la principal = caudal de la tubería terciaria.

D: Ø en la tubería del cabezal = Ø en la principal = Ø de la terciaria.

**Tabla # 4.50: Cálculo de Perdidas por Fricción en Tuberías del Cabezal en cada Finca**

FINCAS	Q TUBERIA CABEZAL(m³/seg)	PERDIDAS LOCALES POR ACCESORIOS	Lt (m)	Ø TUBERIA CABEZAL	PERDIDAS FRICCION
Ruiz	0,002080	6,35	11,35	0,056	0,15
Mariana	0,002230	6,58	11,58	0,056	0,18
Las Mercedes	0,002246	6,58	11,58	0,056	0,18
Nicolaza	0,002061	6,35	11,35	0,056	0,15
Pastora	0,002230	6,58	11,58	0,056	0,18

Fuente: Propia

#### 4.3.6- CARGA ESTATICA

$$H_{est}: \text{Altura de tubería de impulsión} + \Delta H \quad (3.31)$$

Donde:

Hest: Carga estática.

$\Delta H$ : Diferencia entre el nivel del agua en la descarga y el nivel del terreno donde emerge la tubería.

(Observar la siguiente tabla)

**Tabla # 4.49: Cálculo de Carga Estática en las Fincas**

FINCAS	PROFUNDIDAD DEL POZO		ALTURA DE IMPULSION		NIVEL DEL TERRENO MAS ELEVADO	NIVEL DEL TERRENO DONDE EMERGE LA TUBERIA	$\Delta H$ (m)	Hest (m)
	pies	metros	pies	metros				
Ruiz	128	39	108,00	33	99,45	98	1,45	34,37
Mariana	115	35	101,60	31	99,40	98	1,40	32,37
Las Mercedes	121	37	94,50	29	99,55	99	0,55	29,35
Nicolaza	115	35	104,80	32	99,60	98	1,60	33,54
Pastora	108	33	91,00	28	99,25	96	3,25	30,99

Fuente: Propia

#### 4.3.7- CARGA TOTAL DINAMICA CON LA QUE OPERA EL SISTEMA.

$$H = Hest + Hfimp + Hloc + Hfcab + Hlprin + Hfprin + Hfter + Hflat \quad (3.32)$$

Donde:

- H: Carga total dinámica (CTD) con la que opera el sistema (m)
- Hest: Diferencia de nivel entre la sub-unidad y la fuente de carga estática (m)
- Hfimp: Pérdida de carga por fricción en la impulsión (m)
- Hloc: Pérdidas locales en la descarga o cabezal (m)
- Hfcab: Pérdida de carga por fricción en la descarga o cabezal (m)
- Hlprin: Perdidas locales en la principal (m)
- Hfprin: Pérdida de carga por fricción en la principal (m)
- Hfter: Pérdidas en la terciaria (m)
- Hflat: Pérdidas en el lateral (m)

**Tabla # 4.50: Cálculo de la Carga Total Dinámica en las Fincas**

FINCAS	Hest (m)	Hfimp (m)	Hlcab (m)	Hfcab (m)	Hlprin (m)	Hfprin (m)	Hfter (m)	Hflat (m)	H	
									metros	pies
Ruiz	34,35	1,65	6,35	0,15	0,30	0,20	0,11	2,66	45,77	150,17
Mariana	32,10	1,54	6,58	0,18	0,35	0,53	0,14	2,32	43,74	143,51
Las Mercedes	29,35	1,51	6,58	0,18	0,30	1,39	0,12	3,98	43,41	142,43
Nicolaza	33,40	1,59	6,35	0,15	0,30	0,29	0,14	1,38	43,60	143,05
Pastora	31,35	1,41	6,58	0,18	0,28	0,30	0,14	2,32	42,56	139,64

Fuente: Propia

#### 4.3.8-POTENCIA DE LA BOMBA

En el diseño para obtener la potencia de la bomba sumergible que se necesita en cada pequeña parcela se realizara a partir de la carga total de operación o carga total dinámica (CTD) calculada anteriormente a través de la siguiente ecuación hidráulica.

$$P_b = \frac{Q_{\text{SISTEMA}} \times H \text{ (CTD)}}{3960 \times E_b} \quad (3.33)$$

Donde:

- Q sistema: Caudal Total del Sistema (gpm)
- H (CTD): Carga total dinámica (CTD) con la que opera el sistema (Pies).
- Eb: Eficiencia de la bomba. (85%)

(Observar la siguiente tabla)

**Tabla # 4.51: Cálculo de la Potencia de la Bomba Requerida por el Sistema en las Fincas**

FINCAS	CARGA TOTAL DINAMICA DEL SISTEMA (pies)	Q SISTEMA (gpm)	EF BOMBA (%)	POTENCIA DE LA BOMBA (HP)
Ruiz	150,17	33	85	1,5
Mariana	143,51	35	85	1,5
Las Mercedes	142,43	36	85	1,5
Nicolaza	143,05	33	85	1,4
Pastora	139,64	35	85	1,5

Fuente: Propia

## 5.0-RESULTADOS.

### 5.1- PRUEBA DE INFILTRACION EN LAS DIFERENTES PARCELAS.

Finca Ruiz

Cultivo: Pipian

Área: 1Mz

Tabla # 5.1

T (minutos)	A	B	VI (cm/hr)	I (cm)
0				
5	36,484865	-0,277232	23,35	0,26
10	36,484865	-0,277232	19,27	0,16
15	36,484865	-0,277232	17,22	0,12
20	36,484865	-0,277232	15,90	0,10
25	36,484865	-0,277232	14,95	0,08
30	36,484865	-0,277232	14,21	0,07
35	36,484865	-0,277232	13,62	0,06
40	36,484865	-0,277232	13,12	0,06
50	36,484865	-0,277232	12,33	0,05
60	36,484865	-0,277232	11,73	0,04
70	36,484865	-0,277232	11,24	0,04
80	36,484865	-0,277232	10,83	0,04
90	36,484865	-0,277232	10,48	0,03
100	36,484865	-0,277232	10,18	0,03
110	36,484865	-0,277232	9,91	0,03
120	36,484865	-0,277232	9,68	0,03
140	36,484865	-0,277232	9,27	0,02
160	36,484865	-0,277232	8,93	0,02
	<b>Promedio</b>		<b>13,12</b>	<b>0,07</b>

Fuente: Propia

**Finca Mariana**  
**Cultivo: Pepino**  
**Área: 1Mz**

**Tabla #5.2**

<b>T (minutos)</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>VI (cm/hr)</b>	<b>I (cm)</b>
0				
5	49,974473	-0,276356	32,03	0,36
10	49,974473	-0,276356	26,45	0,22
15	49,974473	-0,276356	23,64	0,16
20	49,974473	-0,276356	21,84	0,13
25	49,974473	-0,276356	20,53	0,11
30	49,974473	-0,276356	19,52	0,10
35	49,974473	-0,276356	18,71	0,09
40	49,974473	-0,276356	18,03	0,08
50	49,974473	-0,276356	16,95	0,07
60	49,974473	-0,276356	16,12	0,06
70	49,974473	-0,276356	15,45	0,05
80	49,974473	-0,276356	14,89	0,05
90	49,974473	-0,276356	14,41	0,04
100	49,974473	-0,276356	14,00	0,04
110	49,974473	-0,276356	13,63	0,04
120	49,974473	-0,276356	13,31	0,04
140	49,974473	-0,276356	12,75	0,03
160	49,974473	-0,276356	12,29	0,03
	<b>Promedio</b>		<b>18,03</b>	<b>0,09</b>

Fuente: Propia

**Finca Las Mercedes**

**Cultivo: Chiltoma**

**Área: 1Mz**

**Tabla #5.3**

<b>T (minutos)</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>VI (cm/hr)</b>	<b>I (cm)</b>
0				
5	24,107858	-0,185146	17,90	0,13
10	24,107858	-0,185146	15,74	0,08
15	24,107858	-0,185146	14,60	0,05
20	24,107858	-0,185146	13,84	0,04
25	24,107858	-0,185146	13,28	0,04
30	24,107858	-0,185146	12,84	0,03
35	24,107858	-0,185146	12,48	0,03
40	24,107858	-0,185146	12,18	0,02
50	24,107858	-0,185146	11,68	0,02
60	24,107858	-0,185146	11,30	0,02
70	24,107858	-0,185146	10,98	0,02
80	24,107858	-0,185146	10,71	0,01
90	24,107858	-0,185146	10,48	0,01
100	24,107858	-0,185146	10,28	0,01
110	24,107858	-0,185146	10,10	0,01
120	24,107858	-0,185146	9,94	0,01
140	24,107858	-0,185146	9,66	0,01
160	24,107858	-0,185146	9,42	0,01
	<b>Promedio</b>		<b>12,08</b>	<b>0,03</b>

Fuente: Propia

**Finca Nicolaza**  
**Cultivo: Chiltoma**  
**Área: 1Mz**

**Tabla #5.4**

<b>T (minutos)</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>VI (cm/hr)</b>	<b>I (cm)</b>
0				
5	34,010394	-0,133857	27,42	0,16
10	34,010394	-0,133857	24,99	0,09
15	34,010394	-0,133857	23,67	0,06
20	34,010394	-0,133857	22,78	0,05
25	34,010394	-0,133857	22,10	0,04
30	34,010394	-0,133857	21,57	0,03
35	34,010394	-0,133857	21,13	0,03
40	34,010394	-0,133857	20,76	0,03
50	34,010394	-0,133857	20,15	0,02
60	34,010394	-0,133857	19,66	0,02
70	34,010394	-0,133857	19,26	0,02
80	34,010394	-0,133857	18,92	0,01
90	34,010394	-0,133857	18,62	0,01
100	34,010394	-0,133857	18,36	0,01
110	34,010394	-0,133857	18,13	0,01
120	34,010394	-0,133857	17,92	0,01
140	34,010394	-0,133857	17,55	0,01
160	34,010394	-0,133857	17,24	0,01
	<b>Promedio</b>		<b>20,57</b>	<b>0,04</b>

Fuente: Propia

**Finca Pastora**  
**Cultivo: Chiltoma**  
**Área: 1Mz**

**Tabla # 5.5**

<b>T (minutos)</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>VI (cm/hr)</b>	<b>I (cm)</b>
0				
5	72,111994	-0,345089	41,38	0,64
10	72,111994	-0,345089	32,58	0,41
15	72,111994	-0,345089	28,32	0,31
20	72,111994	-0,345089	25,65	0,26
25	72,111994	-0,345089	23,75	0,22
30	72,111994	-0,345089	22,30	0,20
35	72,111994	-0,345089	21,14	0,18
40	72,111994	-0,345089	20,19	0,16
50	72,111994	-0,345089	18,69	0,14
60	72,111994	-0,345089	17,55	0,13
70	72,111994	-0,345089	16,65	0,11
80	72,111994	-0,345089	15,90	0,10
90	72,111994	-0,345089	15,26	0,10
100	72,111994	-0,345089	14,72	0,09
110	72,111994	-0,345089	14,24	0,08
120	72,111994	-0,345089	13,82	0,08
140	72,111994	-0,345089	13,10	0,07
160	72,111994	-0,345089	12,51	0,07
	<b>Promedio</b>		<b>20,43</b>	<b>0,19</b>

Fuente: Propia

Según la tabla de criterios de la infiltración presentada en **anexo II tabla 21**, la velocidad de infiltración (VI) del sitio de estudio en las fincas es considerada como rápida, por encontrarse en el rango de 12.70 -25.40 cm/h.



## 5.2- ANÁLISIS DEL AGUA DE RIEGO Y SUELO EN EL SITIO DE ESTUDIO.

Tabla # 5.6

RESULTADO DEL ANALISIS DE AGUA DE RIEGO			
INDICES	VALOR ENCONTRADO	GRADO DE RESTRICCION	CLASIFICACION
Ph	6,64	07— 08	Casi neutro
C.E	442 uS/cm	250 - 750 uS/cm	Salinidad media
Cl	0.047 gr/l	Mayores de 0.5 gr/l	Sin problemas
Na	0.035 gr/l	Mayores de 0.3 gr/l	No hay peligro
SO <sub>4</sub>	0.88 meq/l	6.25 - 8.35 meq/l	No hay Afectacion
RAS	1,49	Mayores a 10	Poco riesgo de alcalinizacion
CSR	-49	Inferior a 1,25meq/l	Recomendable
DUREZA	10.77 GHF	7 - 14 GHF	Dulce

Fuente: Metodología para la clasificación de análisis de suelos / Quintana et al. 1983 /

Análisis de agua, LABSA. UNA.

Tabla #5.7

RESULTADOS INTERPRETACION DEL ANALISIS DE SUELO					
NOMBRE	ESCALAS			CONCLUSION	
	POBRE ≤	MEDIO	ALTO >	RESULTADOS	CLASIFICACION
PH	4,6	6.8 - 7.2	9,4	7,1	Neutro
MATERIA ORGANICA (MO)	2	2 - 4	4	3,5	Media
NITROGENO (N) %	0,07	0.07 - 0.15	0,15	0,17	Alto
FOSFORO (P)	10	10 - 20	20	12,24	Medio
POTASIO (K) meq/100 gr	0,2	0.2 - 0.3	0,3	0,36	Alto
DENSIDAD APARENTE gr/cm <sup>3</sup>	1,3		1,45	1,45	
ARCILLA (%)				15,6	Suelo Franco
LIMO (%)				27	
ARENA (%)				57,4	
TEXTURA (%)				Franco Arenoso	

Fuente: Metodología para la clasificación de análisis de suelos / Quintana et al., 1983 /  
Análisis de agua, LABSA. UNA.

Estos resultados del análisis de agua y suelo son validos para todas las fincas por presentar las mismas propiedades en el laboratorio.

### 5.3- PRUEBA DE ABATIMIENTO DE LOS POZOS EN LAS FINCAS.

Finca Ruiz

Cultivo: Pipian

Área: 1Mz

**Tabla # 5.8**

#### RESULTADO DEL NIVEL DE ABATIMIENTO DEL POZO POR BOMBEO

NEA		TIEMPO DE ACCION DE LA BOMBA		NB	
Pies	Metros	Minutos	Horas	Pies	mca
82,02	25,00	0	0,0	0,00	0,00
85,30	26,00	30	0,5	3,28	1,00
85,50	26,06	60	1,0	3,48	1,06
85,70	26,12	90	1,5	3,67	1,12
85,86	26,17	120	2,0	3,84	1,17
86,02	26,22	150	2,5	4,00	1,22
86,25	26,29	180	3,0	4,20	1,28
86,35	26,32	210	3,5	4,33	1,30
86,45	26,35	240	4,0	4,43	1,35
86,45	26,35	270	4,5	4,43	1,35

Fuente Propia

Finca Mariana

Cultivo: Pepino

Área: 1Mz

**Tabla # 5.9**

#### RESULTADO DEL NIVEL DE ABATIMIENTO DEL POZO POR BOMBEO

NEA		TIEMPO DE ACCION DE LA BOMBA		NB	
Pies	Metros	Minutos	Horas	Pies	mca
75,45	23,00	1	0,0	0,00	0,00
78,90	24,05	30	0,5	3,44	1,05
79,00	24,08	60	1,0	3,54	1,08
79,07	24,10	90	1,5	3,61	1,10
79,13	24,12	120	2,0	3,67	1,12
79,20	24,14	150	2,5	3,74	1,14
79,30	24,17	180	3,0	3,84	1,17
79,40	24,20	210	3,5	3,94	1,20
79,40	24,20	240	4,0	3,94	1,20

Fuente: Propia

**Finca Las Mercedes**

**Cultivo: Chiltoma**

**Área: 1Mz**

**Tabla # 5.10**

**RESULTADO DEL NIVEL DE ABATIMIENTO DEL POZO POR BOMBEO**

NEA		TIEMPO DE ACCION DE LA BOMBA		NB	
Pies	Metros	Minutos	Horas	Pies	mca
74,15	22,60	0	0,0	0,00	0,00
77,43	23,60	30	0,5	3,28	1,00
77,62	23,66	60	1,0	3,45	1,05
77,75	23,70	90	1,5	6,61	1,10
77,85	23,73	120	2,0	3,71	1,13
77,95	23,76	150	2,5	3,77	1,15
78,02	23,78	180	3,0	3,83	1,17
78,02	23,78	210	3,5	3,83	1,17

Fuente: Propia

**Finca Nicolaza**

**Cultivo: Chiltoma**

**Área: 1Mz**

**Tabla # 5.11**

**RESULTADO DEL NIVEL DE ABATIMIENTO DEL POZO POR BOMBEO**

NEA		TIEMPO DE ACCION DE LA BOMBA		NB	
Pies	Metros	Minutos	Horas	Pies	mca
79,40	24,20	0	0,0	0,00	0,00
82,68	25,20	30	0,5	3,28	1,00
82,84	25,25	60	1,0	3,48	1,06
83,16	25,35	90	1,5	3,77	1,15
83,27	25,38	120	2,0	3,87	1,18
83,37	25,41	150	2,5	3,97	1,21
80,18	24,44	180	3,0	4,07	1,24
83,56	25,47	210	3,5	4,17	1,27
83,56	25,47	240	4,0	4,17	1,27

Fuente: Propia

**Finca Pastora**  
**Cultivo: Chiltoma**  
**Área: 1Mz**

**Tabla # 5.12**

**RESULTADO DEL NIVEL DE ABATIMIENTO DEL POZO POR BOMBEO**

NEA		TIEMPO DE ACCION DE LA BOMBA		NB	
Pies	Metros	Minutos	Horas	Pies	mca
65,62	20,00	0	0,0	0,00	0,00
69,39	21,15	30	0,5	3,77	1,15
69,78	21,27	60	1,0	4,17	1,27
70,07	21,36	90	1,5	4,46	1,36
70,34	21,44	120	2,0	4,72	1,44
70,64	21,53	150	2,5	5,02	1,53
70,87	21,60	180	3,0	5,25	1,60
70,87	21,60	210	3,5	5,25	1,60

Fuente: Propia

**Tabla # 5.13**

NIVEL DE ABATIMIENTO DE LOS POZOS EN LAS FINCAS							
FINCAS	NEA (m)	NVE (mca)	NB (mca)	NAB (mca)	RESULTADO DEL AFORO (m³)	TIEMPO DE RECUPERACION (min)	RENDIMIENTO (gpm)
Ruiz	25,0	0,5	1,35	1,85	1,060	20	1,56
Mariana	23,0	0,5	1,20	1,70	0,942	15	1,38
Las Mercedes	22,6	0,5	1,17	1,67	0,919	15	1,35
Nicolaza	24,2	0,5	1,27	1,77	0,997	20	1,46
Pastora	20,0	0,5	1,60	2,10	1,257	25	1,84

Fuente: Propia

**5.4-EVALUACION HIDRAULICA EN LAS 4 PARCELAS RESTANTES.**

**Finca Mariana**

**Cultivo: Pepino**

**Área: 1Mz**

**Área regada: 0.43 Mz**

**Tabla # 5.14**

Resultado de la evaluacion al caudal		Resultado de la evaluacion a la presion	
Q25%	0.55 lph	P25%	3.7 mca
Qm	0.76 lph	Pm	4.49 mca
σQ	0.56	σP	2.0
CUQ	72% Pobre	Pms	5.37 mca
C.V.t.Q	74% Eficiencia inaceptable	CUP	90 % Buena
		C.V.t.P	45 % Efic. Inaceptable
Según Cv de fabricante emisores de uniformidad baja y de categoria "B"			
Cve (Coeficiente de Variacion caudal debido a emisores) = 70%			
Según criterio Cve la falta de uniformidad debido a obstrucciones			
CU sistema = 58% inaceptable por estar dentro del rango < 70%			

Fuente: Propia

**Finca Las Mercedes (Empresa la Unión)**

**Cultivo: Chiltoma**

**Área: 1 Mz**

**Área regada: 0.43 Mz**

**Tabla #5.15**

Resultado de la evaluacion al caudal		Resultado de la evaluacion a la presión	
Q25%	0.21 lph	P25%	0.97 mca
Qm	0.34 lph	Pm	1.67 mca
σQ	0.26	σP	0.71
CUQ	62% Inaceptable	Pms	0.97 mca
C.V.t.Q	76% Eficiencia inaceptable	CUP	74 % Pobre
		C.V.t.P	43 % Efic. Inaceptable
Según Cv de fabricante emisores de uniformidad baja y de categoria "B"			
Cve (Coeficiente de Variacion caudal debido a emisores) = 72%			
Según criterio Cve la falta de uniformidad es debida a obstrucciones			
CU sistema = 62% inaceptable por estar dentro del rango < 70%			

Fuente: Propia

**Finca Nicolaza**  
**Cultivo: Chiltoma**  
**Área: 1Mz**  
**Área regada: 0.43 Mz**

**Tabla #5.16**

Resultado de la evaluacion al caudal		Resultado de la evaluacion a la presión	
Q25%	0.73 lph	P25%	5.28 mca
Qm	1.50 lph	Pm	5.68 mca
σQ	0.83	σP	1.75
CUQ	49% Inaceptable	Pms	5.63 mca
C.V.t.Q	55% Eficiencia inaceptable	CUP	96 % Excelente
		C.V.t.P	31% Efic. Pobre
Según Cv de fabricante emisores de uniformidad baja y de categoria "B"			
Cve (Coeficiente de Variacion caudal debido a emisores) = 52%			
Según criterio Cve la falta de uniformidad es debida a las obstrucciones en el sistema			
CU sistema = 47% inaceptable por estar dentro del rango < 70%			

Fuente: Propia



**Finca Pastora**  
**Cultivo: Chiltoma**  
**Área: 1Mz**  
**Área regada: 0.43 Mz**

**Tabla #5.17**

Resultado de la evaluacion al caudal		Resultado de la evaluacion a la presión	
Q25%	0.18 lph	P25%	6.34 mca
Qm	0.42 lph	Pm	7.99 mca
σQ	0.35	σP	3.67
CUQ	43% Inaceptable	Pms	8.71 mca
C.V.t.Q	83% Eficiencia inaceptable	CUP	88 % Aceptable
		C.V.t.P	46% Efic. Inaceptable
Según Cv de fabricante emisores de uniformidad baja y de categoria "B"			
Cve (Coeficiente de Variacion caudal debido a emisores) = 79%			
Según criterio Cve la falta de uniformidad es debida a las obstrucciones en el sistema			
CU sistema = 34% inaceptable por estar dentro del rango < 70%			

Fuente: Propia

5.5.- CÁLCULOS HIDRAULICOS EN LA PROPUESTA DE REDISEÑO DEL SISTEMA.

Tabla #5.18

Resultados del Rediseño hidráulico en los laterales en las fincas.												
Fincas	Largo del campo (m)	Ancho del campo (m)	Caudal nominal del emisor qe (lph)	Caudal mínimo del emisor qmin (lph)	Caudal del lateral Qlat		Perdidas por fricción lateral Hflat (mca)	Presión de trabajo del emisor hn (mca)	Presión de entrada del lateral hm (mca)	Presión mínima del lateral hmin (mca)	Diferencia de presión permisible H (mca)	Comprobación de presión $\Delta h < H$ (mca)
					lph	gpm						
Ruiz	136	42	1.30	1.25	468	2.1	2.6645	10	12.0330	9.2186	5.88	2.81<5.88
Mariana	130	50			446	2.0	2.3211		11.8814	9.2103		2.67<5.88
Las Mercedes	155	45			539	2.4	3.9813		13.0183	8.8370		4.18<5.88
Nicolaza	100	45			371	1.6	1.3759		11.1085	9.5326		1.58<5.88
Pastora	130	45			446	2.0	2.3211		11.9014	9.5303		2.37<5.88

Fuente: Propia

Tabla #5.19

Resultados del Rediseño hidráulico en la tubería terciaria en las fincas.												
Fincas	Caudal en la terciaria Qter		Diámetro en la terciaria		Velocidad de flujo en la terciaria (m)	Longitud de la terciaria (m)	N° Val. terciaria	Perdidas por fricción en la terciaria hf	Presión de entrada en la terciaria hm (mca)	Presión mínima en la terciaria hmin	Diferencia de presión permisible ΔHt	Comprobación de presión Δh<ΔHt
	Lph	gpm	pulg	m								
Ruiz	7,488	33	2.0	0.056	0.84	16	1	0.11	12.3736	11.7336	3.216	0.64<3.22
Mariana	8,028	35			0.91	18		0.14	12.3240	11.5040	3.559	0.82<3.56
Las Mercedes	8,025	36			0.91	15		0.12	13.2763	11.8063	1.899	0.47<1.90
Nicolaza	7,420	33			0.84	20		0.14	11.5211	10.7611	4.504	0.76<4.50
Pastora	8,028	35			0.91	18		0.14	12.3240	11.5440	3.559	0.78<3.56

Fuente: Propia

Tabla #5.20

Resultados del Rediseño hidráulico en la tubería principal en las fincas								
Fincas	Caudal en la principal Qter		Velocidad de flujo en la principal (m)	Diámetro en la principal		Longitud en la principal	Perdidas por fricción en la principal hf	Perdidas locales en la principal HI
	lph	gpm		pulg	m			
Ruiz	7,488	33	0.84	2.0	0.056	15	0.20	0.30
Mariana	8,028	35	0.91			35	0.53	0.35
Las Mercedes	8,085	36	0.91			90	1.39	0.30
Nicolaza	7,420	33	0.84			22	0.29	0.30
Pastora	8,028	35	0.91			20	0.30	0.28

Fuente: Propia

Tabla #5.21

Resultados del Rediseño hidráulico en la tubería de impulsión en las fincas										
Fincas	Carga estática (m)	Caudal en la principal Qter		Perdidas por fricción en la impulsión hfimp		Perdidas por fricción en el cabezal hfcab (m)	Perdidas locales en el cabezal Hloc (m)	CTD (m)	CTD (Pies)	Potencia de la bomba (hp)
		lph	gpm	pies	m					
Ruiz	34.37	7,488	33	5.40	1.65	0.15	6.35	45.77	150.16	1.5
Mariana	32.37	8,028	35	5.10	1.54	0.18	6.58	43.74	143.50	
Las Mercedes	29.35	8,085	36	4.95	1.51	0.18	6.58	43.41	142.42	
Nicolaza	33.54	7,420	33	5.22	1.59	0.15	6.35	43.60	143.04	
Pastora	30.99	8,028	35	4.63	1.41	0.18	6.58	42.56	139.63	

Fuente: Propia

## RECOMENDACIONES

1. Realizar un lavado apropiado de las tuberías y cintas luego de la fertirrigación para evitar la formación de costras en las salidas de los emisores por acumulación de residuos de fertilizantes solubles.
2. Para evitar las obstrucciones en los goteros recomendamos realizar la aplicación de lavados con compuestos químicos de acuerdo al análisis de laboratorio del agua. Si obtenemos composición química orgánica, es decir obstrucciones producida por microorganismos, se recomienda aplicar cloro en forma de hipoclorito sódico, el cual es un oxidante ampliamente utilizado y económico. Si se obtienen precipitados químicos debemos tratarlos con ácidos clorhídrico y/o ácido sulfúrico, también recomendamos la aplicación de Treflán en el caso de penetración de raíces dentro de los goteros.
3. Mantener un régimen de humedad óptima en el suelo utilizando frecuencias de riego de un día, para controlar mejor la humedad en el suelo, el micro clima y el desarrollo fisiológico de los cultivos en estudio.
4. Reducir las pérdidas por ficción y locales mediante:
  - a) Mantener el mismo diámetro en las tuberías de impulsión, principal y terciaria (2").
  - b) Mantener la misma longitud en los laterales de manera uniforme y tuberías terciarias en las dos sub-unidades de riego.
  - c) La implementación del caballete respetando su diseño que consta de dos válvulas (2") que permita alimentar las sub-unidades una a la vez a lo ancho del campo, optimizando así la potencia de la bomba.

5. Instalar aparatos de control y medición en el cabezal y en la entrada de las sub-unidades de riego, para tener un mejor control de las presiones de entrada a la hora de regar, de igual forma instalar filtros de anilla correspondiente al diámetro de la tubería de impulsión en el cabezal. También se recomienda al momento de instalar el tanque de fertilización implementar una válvula de pase entre la toma de entrada y salida del tanque para derivar y regular el caudal del sistema.
6. Utilizar cintas de riego con características homogéneas en las sub-unidades, es decir, con igual caudal de trabajo y espaciamientos entre emisores, preferiblemente de la misma marca.
7. Operar el sistema no de manera simultanea, es decir una sub-unidad a la vez tomando en cuenta que el diseño del sistema lo permite.
8. Realizar una nueva evaluación del sistema de riego, después de haber realizado los cambios definidos por la propuesta del rediseño.
9. Tomar en cuenta el tiempo de recuperación de los pozos en las fincas, definido en el capítulo V tabla 5.13, planeando la utilización del pozo con acción de la bomba en tiempo de verano.

## CONCLUSIONES.

1. Las condiciones edafoclimáticas de la zona donde se encuentran todas las fincas presentan un clima cálido con marcada estación seca de 4 a 6 meses de duración, principalmente de noviembre hasta abril. Los suelos son de una humedad moderada, la cual requiere un plan de riego moderado que garantice una excelente absorción de los nutrientes por parte de la planta. Su textura franco arenoso fino con substrato arcilloso a moderada profundidad se consideran aceptables si se logra mantener un régimen adecuado de humedad en el suelo, lo cual se consigue sin dificultad con el riego por goteo.
2. El agua de riego proveniente de los pozos ubicados en cada finca presentan salinidad media, con una conductividad eléctrica de 442 uS/cm, el ph= 6.64 considerado dentro del rango casi neutro y no presenta peligros de acumulación de sodio intercambiable por que su R.A.S es  $1.49 < 10$  por lo que se concluye que no hay problema de alcalinización.
3. Las necesidades de agua para el Pepino y Pipian son casi iguales; ya que para el ciclo de vida del Pepino necesita 511.36 a 545.63 mm y para el Pipian 471.28 a 511.52 mm, lo que se traduce como una lámina máxima diaria de 5.94 a 6.19 mm para ambos cultivos durante la fecha de mayor demanda donde se sitúa la etapa de floración, de igual manera para el cultivo de la chiltoma sus necesidades hídricas durante todo su ciclo de vida es 543.92 a 565.55 mm, con una lamina máxima diaria de 5.81 a 6.19 mm, durante la fecha de mayor demanda situándose en la etapa de floración.



4. Con respecto a la evaluación hidráulica se concluye que en todas las fincas el sistema de riego por goteo existente en ellas es deficiente e inaceptable por obtener como resultado un Coeficiente de Uniformidad de Sistema (CUsist)  $< 70\%$  el rango más bajo e inaceptable según la tabla de clasificación de CUsist del laboratorio de riego de la UNI.
5. Se determinó que las causas de la falta de uniformidad de distribución del agua en el campo son:
  - Roturas en las cintas de riego producidas por plagas y los trabajadores durante las labores culturales
  - Reparaciones artesanales en los laterales
  - Taponamiento de emisores por acumulación de residuos de fertilizantes solubles
  - Ausencia de aparatos de control y medición en el cabezal en la sub-unidad
  - Diferentes espaciamientos entre plantas por no respetar el marco de plantación
  - Inadecuada frecuencias de riego, concluyendo que la asistencia técnica para el riego es deficiente.
6. El equipo de bombeo existente en cada finca tiene una capacidad para regar toda la manzana completa de cada parcela, sin embargo esta no es aprovechada, ya que no se encuentra cultivada en su totalidad desperdiciando la potencia de la bomba y energía como tal.

## **BIBLIOGRAFIA**

1. Avidan, Albert 1997. Determinación. Cálculo de Las Necesidades de Riego, Fascículo Nº 3. Determinación del Régimen de Riego de los Cultivos. Estado de Israel.
2. Baldizón, María Elena. Apuntes de Ingeniería Sanitaria I, Universidad Nacional de Ingeniería, Departamento de Hidráulica. Facultad tecnología de la construcción UNI-RUPAP.
3. Bustamante Waldo 1984. . Velocidad de infiltración e Infiltrabilidad en el suelo (Pág. 9, 10,11) Tesis de grado Consideraciones sobre la infiltración del agua en el suelo. Universidad autónoma de Cahapingo. Departamento de irrigación, México.
4. Cortez Deras, José Roberto 2003. Uso de Riego, Guía Técnica Nº19. Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria. CENTA San Salvador, El Salvador.
5. Ciancaglini, Nicolás C.1996. Diseño Hidráulico (Cáp. 9). Diseño y Explotación de Sistemas de Riego. Curso de riego por goteo. Universidad Nacional de Ingeniería, Dirección de educación continúa. UNI Septiembre 1996. Managua, Nicaragua.
6. Canovas Cuenca, Juan 1991. Índices de primer y segundo grado para clasificación de las aguas. Calidad agronómica de las aguas para riego. Madrid, España.

7. Espinoza, Luís Gustavo 1999. Evaluación del riego por goteo. Monografía Diseño del Sistema de Riego por Goteo para el Cultivo de Maíz con Aplicación de la Hormona de Marango. Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad Tecnología de la Construcción UNI-RUPAP Noviembre 1999. Managua, Nicaragua.
8. Espinoza Salinas, Ariel 2000. Elementos Conceptuales para Razonar el Riego, Guía Técnica. Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria. INTA Julio 2000. Managua, Nicaragua.
9. García Casillas, Ignacio. Sánchez Briones, Gregorio 1990. Riego por Aspersión y Goteo. Editorial Trillas 1990.
10. Guía para comprender el cambio climático 1996. Proyecto de apoyo a la convención de cambio climático y del protocolo de Montreal. Ministerio de Recursos Naturales. MARENA Noviembre 1996, Managua, Nicaragua.
11. Moreno Ayestas, Sandra 1994. Apuntes de Hidrología de Superficie. Universidad Nacional de Ingeniería. UNI, Managua Julio de 1994.
12. Martines Elizondo, Rene 1991. Diseño de riego localizado (Pág. 72-83). Riego Localizado Diseño y Evaluación 1<sup>era</sup> edición. Universidad autónoma de Chapingo. Departamento de Irrigación. México.
13. Marín C, Eduardo J. Manual practico para Interpretación de los mapas de suelo. Ministerio de Agricultura y Ganadería MAG/Catastro. Departamento de suelos y Dasonomía.
14. Las necesidades de agua de los cultivos 1976. Serie FAO N° 24. Roma, Italia.

15. León, Jorge 2000. Botánica de los Cultivos Tropicales. Editorial Agro América. Instituto Interamericano de cooperación para la agricultura IICA. San José, Costa Rica.
16. Rodríguez Parrales, Roberto 1999. Aparatos de control (Cáp. III). Curso de post-grado Riego por Goteo (Abril 1999). Universidad Nacional de Ingeniería, UNI-RUPAP. Facultad Tecnología de la Construcción. Managua, Nicaragua.
17. Silverio Reyes, Carmen. Pérez Cuellar, Pedro 1984. El Clima (Cáp. I). Fundamentos de Agrometereologia. Editorial Pueblo y Educación. Playa ciudad de la Habana, Cuba.
18. Valverde, Juan Carlos 1998. Riego Localizado. Riego y Drenaje. Editorial San José, Universidad Nacional Estatal a Distancia EUNED. San José, Costa Rica.
19. Zepeda Sergio C. 1999. Aforo de una bomba. Manual de Instalaciones Hidráulicas, Sanitarias, Aire, Gas, y Vapor. Editorial Limusa.

TABLA 1

**INSTITUTO NICARAGUENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES**  
**DIRECCION GENERAL DE METEOROLOGIA**  
**RESUMEN METEOROLOGICO ANUAL**

Estación: - LEON (AEROP.GODOY) / LEON	Latitud: 12° 25' 36" N
Código: 64 043	Longitud: 86° 54' 48" W
Años: 1973 – 2004	Elevación: 60 msnm
Parámetro: evaporación de pana (mm)	Tipo: HMP

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Suma
1985	-	-	170.4	265.8	229.0	197.7	59.2	-	120.5	179.0	138.6	87.1	1447.3
1986	-	120.0	154.2	95.5	251.4	188.8	198.4	254.1	148.4	152.1	127.5	164.0	1854.4
1987	-	325.6	205.2	307.6	213.3	-	171.3	121.5	-	135.4	-	-	1479.9
1988	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1989	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1990	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1991	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1992	-	-	371.0	317.3	294.2	226.1	237.6	252.5	177.4	164.0	165.0	230.7	2435.8
1993	256.2	283.9	348.7	281.3	59.5	-	-	-	-	-	-	-	1229.6
1994	-	-	-	-	-	75.9	273.5	219.1	154.9	140.5	163.0	204.1	1231.0
1995	268.1	295.4	303.5	271.3	229.9	160.0	172.1	139.0	148.3	127.7	132.5	151.9	2399.7
1996	212.1	289.2	325.0	306.7	188.5	163.6	154.2	157.7	156.7	116.5	115.9	194.9	2381.0
1997	191.4	294.0	355.6	293.5	336.3	156.0	253.9	269.6	172.8	132.2	137.0	216.0	2808.3
1998	303.3	243.1	344.1	296.3	233.7	199.4	176.3	172.7	126.1	95.2	120.3	173.0	2483.5
1999	229.7	248.9	361.5	216.3	-	-	-	-	-	-	-	-	1056.4
2000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2001	-	140.9	295.9	367.0	194.2	197.0	208.3	194.8	148.2	135.7	142.9	190.1	2215.0
2002	299.3	405.6	418.3	343.9	280.3	145.3	164.9	210.4	138.9	149.1	139.8	189.0	2884.8
2003	247.8	264.0	275.2	244.5	230.5	128.0	157.2	184.4	160.7	126.3	109.4	163.9	2291.9
2004	206.5	249.5	336.4	253.4	214.3	170.8	152.1	-	-	-	-	-	1583.0
Suma	2214.4	3160.1	4265.0	3860.4	2955.1	2008.6	2379.0	2175.8	1652.9	1653.7	1491.9	1964.7	29781.
Media	246.0	263.3	304.6	275.7	227.3	167.4	183.0	197.8	150.3	137.8	135.6	178.6	1985.4
Máximo	303.3	405.6	418.3	367.0	336.3	226.1	273.5	269.6	177.4	179.0	165.0	230.7	2884.8
Mínimo	191.4	120.0	154.2	95.5	59.5	75.9	59.2	121.5	120.5	95.2	109.4	87.1	0.0

Elaborada por: Anielka Delgadillo, Aracelys Díaz y Johnston Guzmán

TABLA 2

**INSTITUTO NICARAGUENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES**  
**DIRECCION GENERAL DE METEOROLOGIA**  
**RESUMEN METEOROLOGICO ANUAL**

Estación: - LEON (AEROP.GODOY) / LEON	Latitud: 12° 25' 36" N
Código: 64 043	Longitud: 86° 54' 48" W
Años: 1973 – 2004	Elevación: 60 msnm
Parámetro: precipitación (mm)	Tipo: HMP

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Suma
1985	0.0	0.0	0.0	75.2	66.4	146.9	229.5	230.9	179.2	595.7	91.2	1.9	1616.9
1986	0.0	5.7	1.0	0.0	470.9	251.9	15.5	84.4	170.0	238.1	9.7	0.0	1247.2
1987	1.8	0.0	2.4	0.0	157.4	266.0	155.9	143.8	301.1	168.6	0.2	0.5	1197.7
1988	0.0	0.0	0.6	1.8	264.9	256.3	231.8	732.7	386.2	483.5	17.5	0.8	2376.1
1989	0.0	0.0	0.0	0.0	60.8	270.7	190.0	291.0	472.6	117.5	126.7	46.7	1576.0
1990	0.0	0.0	0.0	100.0	139.8	57.8	81.6	97.8	326.5	282.9	92.8	1.1	1180.3
1991	1.4	0.0	0.0	61.0	274.8	188.6	24.3	92.9	209.1	203.3	33.3	1.2	1089.9
1992	0.0	3.3	0.0	0.0	59.1	173.9	19.6	129.8	376.7	39.3	49.2	13.0	863.9
1993	2.3	0.0	0.3	4.9	474.8	322.5	16.9	128.9	681.4	89.2	38.4	0.0	1759.6
1994	0.5	0.0	1.7	81.8	131.7	106.1	1.8	218.0	295.8	239.0	282.8	0.0	1359.2
1995	0.0	0.0	5.5	13.9	150.4	275.7	193.0	390.7	441.1	645.9	12.3	21.2	2149.7
1996	8.4	0.0	0.0	1.6	255.9	202.7	336.3	203.0	319.2	495.3	430.6	0.0	2253.0
1997	0.6	0.0	0.0	13.1	42.3	543.1	32.5	36.8	145.2	227.2	58.2	0.0	1099.0
1998	0.0	0.0	0.6	15.0	76.1	114.3	132.7	245.7	495.0	1338.6	129.3	0.2	2547.5
1999	0.0	0.0	0.9	12.1	98.1	257.8	83.8	211.3	1107.9	336.3	116.4	0.5	2225.1
2000	0.3	0.0	0.0	0.0	93.4	112.0	64.2	116.9	703.6	279.2	109.4	0.1	1479.1
2001	0.0	0.0	3.5	0.0	343.2	25.0	56.5	99.3	337.6	193.7	93.7	0.9	1153.4
2002	0.0	0.0	0.0	0.6	454.3	253.8	18.3	104.6	359.5	133.6	52.8	0.0	1377.5
2003	0.0	0.0	20.1	0.1	135.8	260.9	92.6	170.1	294.2	389.7	132.6	0.2	1496.3
2004	0.0	4.6	0.0	3.1	105.5	69.3	139.9	-	-	-	-	-	322.4
Suma	55.3	13.7	96.1	403.8	6845.6	6039.8	3094.5	5197.8	12588.5	9137.0	2710.0	141.7	46323.8
Media	1.9	0.5	3.2	13.5	236.1	208.3	103.2	173.3	419.6	304.6	90.3	4.7	1494.3
Máximo	39.6	5.7	54.8	100.0	1214.9	550.2	336.3	732.7	1107.9	1338.6	430.6	46.7	2547.5
Mínimo	0.0	0.0	0.0	0.0	42.3	25.0	1.8	7.5	41.6	39.3	0.2	0.0	0.0

Elaborada por: Anielka Delgadillo, Aracelys Díaz y Johnston Guzmán

TABLA 3

**INSTITUTO NICARAGUENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES**  
**DIRECCION GENERAL DE METEOROLOGIA**  
**RESUMEN METEOROLOGICO ANUAL**

Estación: - LEON (AEROP.GODOY) / LEON	Latitud: 12° 25' 36" N
Código: 64 043	Longitud: 86° 54' 48" W
Años: 1973 – 2004	Elevación: 60 msnm
Parámetro: humedad relativa (%)	Tipo: HMP

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Media
1985	71.3	59.2	66.3	66.9	74.1	77.2	76.8	79.8	81.5	85.8	81.5	82.4	75.3
1986	78.9	79.6	75.1	66.1	78.9	81.9	75.1	75.3	81.0	85.6	78.5	64.0	76.7
1987	53.7	49.5	62.1	58.2	71.8	79.5	79.2	75.9	82.0	-	74.9	64.7	68.3
1988	61.5	55.3	58.3	65.1	70.2	-	80.4	88.0	87.0	-	-	-	70.7
1989	58.8	54.5	55.9	47.5	65.5	79.1	75.5	82.6	87.9	80.6	79.6	73.6	70.1
1990	60.7	59.2	55.3	61.0	70.3	77.2	72.8	72.8	81.7	87.5	84.0	78.2	71.7
1991	71.5	57.0	54.3	58.3	73.8	79.9	72.9	73.0	80.6	81.6	74.2	67.9	70.4
1992	63.2	62.2	53.5	58.6	63.8	76.6	72.4	71.6	79.9	78.1	74.4	65.1	68.3
1993	64.7	58.6	57.7	64.3	79.8	80.8	74.5	79.9	83.9	82.5	78.5	68.5	72.8
1994	64.2	59.0	59.1	57.7	73.7	76.4	64.4	75.8	82.3	86.7	83.4	73.6	71.4
1995	63.5	60.2	67.0	69.5	76.9	84.0	80.7	86.9	86.5	87.4	76.8	73.9	76.1
1996	67.8	59.9	59.7	61.8	75.5	79.2	81.1	80.2	83.5	84.6	83.1	68.5	73.7
1997	68.9	57.9	57.4	62.8	57.9	79.8	69.7	69.9	80.0	83.9	80.7	71.0	70.0
1998	66.4	68.6	59.9	62.4	72.4	76.0	79.4	80.7	88.6	89.4	83.8	80.3	75.7
1999	75.6	69.5	68.3	61.7	80.0	82.6	81.3	83.7	91.4	88.8	82.7	75.8	78.5
2000	72.0	66.1	68.6	64.7	72.8	77.0	74.9	77.0	86.6	81.5	79.4	76.4	74.8
2001	70.4	59.9	65.4	53.4	71.4	72.1	72.7	74.1	81.0	83.7	81.2	76.2	71.8
2002	61.6	57.6	53.5	51.2	63.9	81.0	78.1	75.0	87.2	84.5	80.5	73.3	70.6
2003	62.3	62.2	65.2	67.8	74.6	86.6	78.9	78.7	84.8	88.6	86.4	71.4	75.6
2004	62.3	60.9	53.2	64.2	70.0	74.1	78.1	-	-	-	-	-	66.1
Suma	2029.9	1902.1	1917.5	1958.6	2178.0	2281.5	2334.0	2403.1	2585.6	2427.9	2371.1	2133.0	2327.3
Media	67.7	63.4	63.9	65.3	75.1	81.5	77.8	80.1	86.2	86.7	81.8	73.6	75.1
Máximo	78.9	79.6	80.1	83.6	90.5	92.5	93.5	91.8	97.0	96.6	88.9	83.4	1037.1
Mínimo	53.7	49.5	53.2	47.5	57.9	72.1	64.4	69.9	79.9	78.1	74.2	64.0	0.0

Elaborada por: Anielka Delgadillo, Aracelys Díaz y Johnston Guzmán

TABLA 4

**INSTITUTO NICARAGUENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES**  
**DIRECCION GENERAL DE METEOROLOGIA**  
**RESUMEN METEOROLOGICO ANUAL**

Estación: - LEON (AEROP.GODOY) / LEON	Latitud: 12° 25' 36" N
Código: 64 043	Longitud: 86° 54' 48" W
Años: 1973 – 2004	Elevación: 60 msnm
Parámetro: temperatura media (°C)	Tipo: HMP

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Media
1985	25.7	27.3	28.1	28.7	27.9	27.0	26.7	26.2	26.4	25.5	25.6	25.4	26.7
1986	26.5	26.4	27.6	28.8	27.9	27.1	27.5	28.2	26.7	25.9	26.6	27.2	27.2
1987	28.7	30.2	29.4	29.5	28.7	27.7	26.8	27.3	26.9	27.6	27.1	27.7	28.1
1988	28.1	28.1	29.5	29.6	28.3	26.4	26.5	25.4	25.0	22.9	24.6	25.3	26.6
1989	27.5	27.7	28.4	30.0	29.8	27.0	27.4	26.9	25.7	26.3	26.3	25.5	27.4
1990	27.3	27.8	29.0	29.4	28.8	27.9	27.8	28.2	26.9	26.3	26.4	26.9	27.7
1991	27.5	29.5	31.2	31.0	28.4	27.7	28.0	28.0	27.3	26.3	26.6	27.0	28.2
1992	27.7	28.8	29.9	30.4	29.6	28.5	28.0	27.9	26.8	27.3	27.2	27.0	28.3
1993	27.5	28.1	28.7	29.5	27.6	27.6	27.8	27.2	26.1	26.8	26.5	26.9	27.5
1994	27.1	28.2	28.8	29.5	28.5	27.6	29.1	27.7	26.8	26.3	26.0	26.6	27.7
1995	27.3	28.1	28.4	29.4	28.5	27.2	27.2	26.5	26.2	25.9	26.5	26.5	27.3
1996	26.2	27.5	27.9	29.5	27.8	27.4	26.8	26.7	26.5	25.9	25.5	26.1	27.0
1997	26.3	28.2	28.7	29.2	30.4	27.2	28.8	29.1	27.6	26.9	27.0	27.2	28.1
1998	28.4	28.1	29.8	29.9	29.5	28.8	27.5	27.5	26.1	25.9	26.2	26.2	27.8
1999	27.1	27.3	28.6	29.4	27.7	27.2	27.0	26.7	25.3	25.2	25.5	25.7	26.9
2000	26.0	27.4	28.2	29.6	28.4	27.4	27.9	28.2	25.9	26.4	26.6	26.4	27.4
2001	26.5	28.0	27.8	30.1	28.1	27.8	27.6	28.0	26.2	26.7	25.9	26.7	27.5
2002	27.6	28.4	29.4	30.2	29.2	27.2	27.6	28.6	26.8	26.7	26.6	27.2	28.0
2003	27.7	28.6	28.8	29.2	29.2	26.8	27.4	27.6	27.2	26.6	26.5	26.4	27.7
2004	27.7	28.0	29.8	29.2	28.9	28.3	27.5	-	-	-	-	-	28.5
Suma	785.7	840.7	866.2	857.0	826.3	793.9	799.4	795.0	766.1	760.5	763.1	768.1	824.9
Media	27.1	28.0	28.9	29.6	28.5	27.4	27.6	27.4	26.4	26.2	26.3	26.5	27.5
Máximo	28.7	30.2	31.2	31.0	30.5	28.8	29.4	29.1	28.6	28.0	28.7	28.9	339.3
Mínimo	25.7	26.4	27.6	28.4	27.1	26.3	25.9	25.4	24.8	22.9	24.6	24.9	0.0



TABLA 5

**INSTITUTO NICARAGUENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES**  
**DIRECCION GENERAL DE METEOROLOGIA**  
**RESUMEN METEOROLOGICO ANUAL**

Estación: - LEON (AEROP.GODOY) / LEON	Latitud: 12° 25' 36" N
Código: 64 043	Longitud: 86° 54' 48" W
Años: 1972 – 2004	Elevación: 60 msnm
Parámetro: viento medio 10m (m/seg)	Tipo: HMP

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Media
1985	1.7	3.1	2.9	2.1	0.7	0.9	1.1	0.5	0.5	0.5	0.7	1.1	1.3
1986	2.0	2.5	2.8	2.2	1.6	1.4	1.9	1.5	0.9	0.3	0.6	1.3	1.6
1987	1.7	1.9	0.9	0.7	0.7	0.2	0.7	1.0	0.4	-	0.8	1.5	0.9
1988	2.3	2.7	2.7	1.0	1.4	0.4	1.0	0.5	0.3	0.3	0.2	0.9	1.1
1989	2.9	2.7	1.8	2.1	1.3	1.4	1.6	1.2	1.0	0.1	0.0	0.2	1.4
1990	0.9	0.8	1.0	0.4	0.1	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1	0.1	0.3
1991	0.0	0.1	0.0	0.1	0.1	0.0	0.7	1.2	0.9	0.8	1.1	1.9	0.6
1992	2.2	2.3	2.4	0.6	1.7	1.9	2.6	2.7	1.8	1.9	2.6	2.6	2.1
1993	2.4	2.8	3.0	2.4	1.6	1.7	2.1	1.7	1.5	1.4	1.4	1.9	2.0
1994	2.3	2.7	2.6	2.7	1.6	1.8	2.4	1.7	1.2	1.0	1.1	1.8	1.9
1995	2.8	3.0	2.3	2.2	1.8	1.3	1.6	1.1	1.2	1.0	1.2	1.8	1.8
1996	2.2	2.7	2.7	2.8	2.0	1.5	1.5	1.4	1.2	1.1	1.2	2.3	1.9
1997	1.8	2.9	3.2	2.5	2.7	1.5	2.2	2.2	1.5	1.3	1.6	2.5	2.1
1998	2.7	2.4	2.8	2.3	1.7	2.0	1.6	1.6	1.3	1.9	1.6	2.0	2.0
1999	2.5	2.5	2.9	2.3	1.8	1.8	2.0	2.0	2.5	1.9	1.8	2.9	2.2
2000	3.7	4.5	4.2	4.4	3.1	2.8	3.3	3.2	2.1	2.2	2.1	2.8	3.2
2001	3.6	5.5	4.1	5.2	2.6	3.1	3.2	3.2	2.5	2.1	3.4	2.7	3.4
2002	4.1	4.7	5.4	5.0	4.2	2.6	3.2	3.4	2.6	2.4	2.8	3.5	3.6
2003	4.1	4.8	4.2	3.8	3.7	3.0	3.2	3.3	2.7	2.4	2.3	3.1	3.4
2004	4.1	4.7	5.5	4.0	3.5	3.3	3.0	-	-	-	-	-	4.0
Suma	55.3	68.3	67.6	58.4	46.4	38.9	47.5	41.9	31.7	27.2	31.5	44.1	48.6
Media	2.5	3.0	2.9	2.5	2.0	1.7	2.1	1.9	1.4	1.3	1.4	2.0	2.1
Máximo	4.1	5.5	5.5	5.2	4.2	3.3	3.8	3.9	2.7	2.4	3.4	3.5	43.7
Mínimo	0.0	0.1	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0

Elaborada por: Anielka Delgadillo, Aracelys Díaz y Johnston Guzmán

**TABLA DE DATOS DE CAMPO LEVANTADOS DURANTE LA PRUEBA DE LA EVALUACION HIDRÁULICA EN LAS DIFERENTES FINCAS**

**TABLA 6**

**Finca Ruiz**  
**Cultivo: Pipián**  
**Área: 1Mz**

LATERAL	EMISORES	Datos campo	Datos campo	QP (ml/3min)	QP	Datos campo	Datos campo	Pp (PSI)	Pp (mca)
		Q1	Q2		(lph/3min)				
I	1	78	72	75,00	1,50	6	7	6,50	4,58
	2	65	42	53,50	1,07	15	14	14,50	10,21
	3	54	68	61,00	1,22	15	14	14,50	10,21
	4	52	65	58,50	1,17	13	13	13,00	9,15
II	1	74	68	71,00	1,42	6	7	6,50	4,58
	2	78	72	75,00	1,50	13	14	13,50	9,50
	3	17	48	32,50	0,65	18	17	17,50	12,32
	4	68	82	75,00	1,50	8	9	8,50	5,98
III	1	77	72	74,50	1,49	8	9	8,50	5,98
	2	72	71	71,50	1,43	12	13	12,50	8,80
	3	73	57	65,00	1,30	7	8	7,50	5,28
	4	69	41	55,00	1,10	7	8	7,50	5,28
IV	1	64	66	65,00	1,30	8	9	8,50	5,98
	2	81	71	76,00	1,52	5	6	5,50	3,87
	3	69	119	94,00	1,88	5	6	5,50	3,87
	4	88	83	85,50	1,71	5	6	5,50	3,87
				Σq	21,76			Σp	109,47

**Tabla de resultado de caudal y presión promedio. (FUENTE PROPIA)**

**TABLA DE DATOS DE CAMPO LEVANTADOS DURANTE LA PRUEBA DE LA EVALUACION HIDRÁULICA EN LAS DIFERENTES  
FINCAS**

TABLA 7

Finca Mariana  
Cultivo: Pepino  
Área: 1Mz

LATERAL	EMISORES	Datos campo	Datos campo	QP (ml/3min)	QP	Datos campo	Datos campo	Pp (PSI)	Pp (mca)
		Q1	Q2		(lph/3min)				
I	1	26	33	29,50	0,59	7	8	7,50	5,28
	2	25	30	27,50	0,55	5	6	5,50	3,87
	3	26	37	31,50	0,63	5	6	5,50	3,87
	4	30	53	41,50	0,83	6	7	6,50	4,58
II	1	27	33	30,00	0,60	7	8	7,50	5,28
	2	25	31	28,00	0,56	3	4	3,50	2,46
	3	24	32	28,00	0,56	6	7	6,50	4,58
	4	23	32	27,50	0,55	4	5	4,50	3,17
III	1	26	32	29,00	0,58	7	8	7,50	5,28
	2	26	33	29,50	0,59	5	6	5,50	3,87
	3	81	32	56,50	1,13	5	6	5,50	3,87
	4	147	138	142,50	2,85	6	7	6,50	4,58
IV	1	25	31	28,00	0,56	8	8	8,00	5,63
	2	24	31	27,50	0,55	6	7	6,50	4,58
	3	24	32	28,00	0,56	8	8	8,00	5,63
	4	23	30	26,50	0,53	7	8	7,50	5,28
				Σq	12,22			Σp	71,81

Tabla de resultado de caudal y presión promedio. (FUENTE PROPIA)

Elaborada por: Anielka Delgadillo, Aracelys Díaz y Johnston Guzmán

**TABLA DE DATOS DE CAMPO LEVANTADOS DURANTE LA PRUEBA DE LA EVALUACION HIDRÁULICA EN LAS DIFERENTES FINCAS**

**TABLA 8**

**Finca Las Mercedes**  
**Cultivo: Chiltoma**  
**Area: 1Mz**

LATERAL	EMISORES	Datos campo	Datos campo	QP (ml/3min)	QP	Datos campo	Datos campo	Pp (PSI)	Pp (mca)
		Q1	Q2		(lph/3min)				
I	1	6	8	7,00	0,14	0	1	0,50	0,35
	2	4	9	6,50	0,13	0	1	0,50	0,35
	3	0	0	0,00	0,00	0	1	0,50	0,35
	4	12	18	15,00	0,30	0	1	0,50	0,35
II	1	4	8	6,00	0,12	3	3	3,00	2,11
	2	8	13	10,50	0,21	3	3	3,00	2,11
	3	9	15	12,00	0,24	3	3	3,00	2,11
	4	4	11	7,50	0,15	5	4	4,50	3,17
III	1	11	20	15,50	0,31	0	1	0,50	0,35
	2	20	26	23,00	0,46	0	1	0,50	0,35
	3	21	27	24,00	0,48	1	2	1,50	1,06
	4	36	36	36,00	0,72	3	3	3,00	2,11
IV	1	19	21	20,00	0,40	1	2	1,50	1,06
	2	20	23	21,50	0,43	5	4	4,50	3,17
	3	34	31	32,50	0,65	7	6	6,50	4,58
	4	24	45	34,50	0,69	5	4	4,50	3,17
				Σq	5,43			Σp	26,75
Tabla de resultado de caudal y presión promedio. (FUENTE PROPIA)									

Elaborada por: Anielka Delgadillo, Aracelys Díaz y Johnston Guzmán

## TABLA DE DATOS DE CAMPO LEVANTADOS DURANTE LA PRUEBA DE LA EVALUACION HIDRÁULICA EN LAS DIFERENTES FINCAS

TABLA 9

Finca Nicolaza  
Cultivo: Chiltoma  
Área: 1Mz

LATERAL	EMISORES	Datos campo	Datos campo	QP (ml/3min)	QP	Datos campo	Datos campo	Pp (PSI)	Pp (mca)
		Q1	Q2		(lph/3min)				
I	1	83	91	87,00	1,74	6	7	6,50	4,58
	2	41	2	21,50	0,43	7	7	7,00	4,93
	3	56	71	63,50	1,27	7	7	7,00	4,93
	4	252	155	203,50	4,07	8	7	7,50	5,28
II	1	48	30	39,00	0,78	9	8	8,50	5,98
	2	64	3	33,50	0,67	9	8	8,50	5,98
	3	62	70	66,00	1,32	9	8	8,50	5,98
	4	50	0	25,00	0,50	8	7	7,50	5,28
III	1	147	113	130,00	2,60	9	8	8,50	5,98
	2	50	53	51,50	1,03	9	8	8,50	5,98
	3	45	29	37,00	0,74	9	8	8,50	5,98
	4	44	25	34,50	0,69	8	7	7,50	5,28
IV	1	76	80	78,00	1,56	9	8	8,50	5,98
	2	82	325	203,50	4,07	9	8	8,50	5,98
	3	62	67	64,50	1,29	9	8	8,50	5,98
	4	67	63	65,00	1,30	10	9	9,50	6,69
				Σq	24,06			Σp	90,82
Tabla de resultado de caudal y presión promedio. (FUENTE PROPIA)									

Elaborada por: Anielka Delgadillo, Aracelys Díaz y Johnston Guzmán

## TABLA DE DATOS DE CAMPO LEVANTADOS DURANTE LA PRUEBA DE LA EVALUACION HIDRÁULICA EN LAS DIFERENTES FINCAS

TABLA 10

Finca Pastora  
Cultivo: Chiltoma  
Área: 1Mz

LATERAL	EMISORES	Datos campo	Datos campo	QP (ml/3min)	QP	Datos campo	Datos campo	Pp (PSI)	Pp (mca)
		Q1	Q2		(lph/3min)				
I	1	0	0	0,00	0,00	18	17	17,50	12,32
	2	0	19	9,50	0,19	16	15	15,50	10,91
	3	24	29	26,50	0,53	16	15	15,50	10,91
	4	0	0	0,00	0,00	17	16	16,50	11,62
II	1	0	0	0,00	0,00	15	14	14,50	10,21
	2	36	20	28,00	0,56	15	14	14,50	10,21
	3	37	55	46,00	0,92	17	16	16,50	11,62
	4	31	42	36,50	0,73	5	6	5,50	3,87
III	1	0	0	0,00	0,00	8	9	8,50	5,98
	2	22	25	23,50	0,47	7	8	7,50	5,28
	3	0	0	0,00	0,00	6	7	6,50	4,58
	4	8	11	9,50	0,19	7	8	7,50	5,28
IV	1	35	39	37,00	0,74	9	9	9,00	6,34
	2	42	46	44,00	0,88	9	9	9,00	6,34
	3	40	45	42,50	0,85	9	9	9,00	6,34
	4	33	38	35,50	0,71	8	9	8,50	5,98
				Σq	6,77			Σp	127,78

Tabla de resultado de caudal y presión promedio. (FUENTE PROPIA)

Elaborada por: Anielka Delgadillo, Aracelys Díaz y Johnston Guzmán

## TABLA DE DATOS DE CAMPO LEVANTADOS DURANTE LA PRUEBA DE LA EVALUACION HIDRÁULICA EN LAS DIFERENTES FINCAS

TABLA 11

Finca Ruiz  
Cultivo: Pipián  
Área: 1Mz

LEVANTAMIENTO DE CAMPO PARA LA PRUEBA DE INFILTRACIÓN.									
N <sup>a</sup>	Hora de lectura	T. de observ. (minutos)	T. en % de horas	T. acumul. (minutos)	Llenado del cilindro	Lectura (cm.)	Diferencia de medida (cm)	V. de infil. cm/h.	Infiltración acum. (cm/h)
0	9:10 AM	0	0,00	0	30				
1	9:15 AM	5	3,13	5		27,50	2,50	30,00	2,50
2	9:20 AM	5	3,13	10		25,70	1,80	21,60	4,30
3	9:25 AM	5	3,13	15		23,40	2,30	27,60	6,60
4	9:30 AM	5	3,13	20		21,90	1,50	18,00	8,10
5	9:35 AM	5	3,13	25	30	21,00	0,90	10,80	9,00
6	9:40 AM	5	3,13	30		29,90	0,10	1,20	9,10
7	9:45 AM	5	3,13	35		27,70	2,20	26,40	11,30
8	9:50 AM	5	3,13	40		26,70	1,00	12,00	12,30
9	10:00 AM	10	6,25	50		23,60	3,10	18,60	15,40
10	10:10 AM	10	6,25	60	30	20,10	3,50	21,00	18,90
11	10:20 AM	10	6,25	70		28,60	1,40	8,40	20,30
12	10:30 AM	10	6,25	80		25,20	3,40	20,40	23,70
13	10:40 AM	10	6,25	90		22,10	3,10	18,60	26,80
14	10:50 AM	10	6,25	100		21,50	0,60	3,60	27,40
15	11:00 AM	10	6,25	110	30	19,10	2,40	14,40	29,80
16	11:10 AM	10	6,25	120		28,50	1,50	9,00	31,30
17	11:30 AM	20	12,50	140		23,05	5,45	16,35	36,75
18	11:50 AM	20	12,50	160		21,20	1,85	5,55	38,60

Elaborada por: Anielka Delgadillo, Aracelys Díaz y Johnston Guzmán

**TABLA DE AJUSTE DE DATOS DE CAMPO EN PRUEBA DE INFILTRACIÓN EN LAS DIFERENTES FINCAS**

TABLA 12

N°	T. acumul.	Vel. infil.	ln (T)	[ ln (T) ] <sup>2</sup>	ln (Vi)	ln(T) * ln(Vi)	CONSTANTES		Vel. infil.	Infil. acum.	Infil. Básica
	(minutos)	cm/h.					A	B	cm/h	cm/h	cm/h
0	0										
1	5	30,00	1,61	2,59	3,40	5,47	36,484865	-0,277232	23,35	0,26	8,838569197
2	10	21,60	2,30	5,30	3,07	7,08	36,484865	-0,277232	19,27	0,16	
3	15	27,60	2,71	7,33	3,32	8,98	36,484865	-0,277232	17,22	0,12	
4	20	18,00	3,00	8,97	2,89	8,66	36,484865	-0,277232	15,90	0,10	
5	25	10,80	3,22	10,36	2,38	7,66	36,484865	-0,277232	14,95	0,08	
6	30	1,20	3,40	11,57	0,18	0,62	36,484865	-0,277232	14,21	0,07	
7	35	26,40	3,56	12,64	3,27	11,64	36,484865	-0,277232	13,62	0,06	
8	40	12,00	3,69	13,61	2,48	9,17	36,484865	-0,277232	13,12	0,06	
9	50	18,60	3,91	15,30	2,92	11,44	36,484865	-0,277232	12,33	0,05	
10	60	21,00	4,09	16,76	3,04	12,47	36,484865	-0,277232	11,73	0,04	
11	70	8,40	4,25	18,05	2,13	9,04	36,484865	-0,277232	11,24	0,04	
12	80	20,40	4,38	19,20	3,02	13,21	36,484865	-0,277232	10,83	0,04	
13	90	18,60	4,50	20,25	2,92	13,15	36,484865	-0,277232	10,48	0,03	
14	100	3,60	4,61	21,21	1,28	5,90	36,484865	-0,277232	10,18	0,03	
15	110	14,40	4,70	22,09	2,67	12,54	36,484865	-0,277232	9,91	0,03	
16	120	9,00	4,79	22,92	2,20	10,52	36,484865	-0,277232	9,68	0,03	
17	140	16,35	4,94	24,42	2,79	13,81	36,484865	-0,277232	9,27	0,02	
18	160	5,55	5,08	25,76	1,71	8,70	36,484865	-0,277232	8,93	0,02	
<b>SUMA</b>			<b>68,73</b>	<b>278,34</b>	<b>45,69</b>	<b>170,05</b>	<b>Promedio velocidad</b>		<b>13,12</b>	<b>0,07</b>	

Elaborada por: Anielka Delgadillo, Aracelys Díaz y Johnston Guzmán



**TABLA DE DATOS DE CAMPO LEVANTADOS DURANTE LA PRUEBA DE LA EVALUACION HIDRÁULICA EN LAS DIFERENTES  
FINCAS**

**TABLA 13**

Finca Mariana  
Cultivo: Pepino  
Área: 1Mz

Hora de lectura	T. de observ. (minutos)	T. en % de horas.	T. acumul. (minutos)	Llenado del cilindro.	Lectura (cm.)	Diferencia de medida (cm)	V. de infil. cm/h.	Infiltración acum. (cm/h)
01:00 p.m.	0	0.00	0	30				
01:05 p.m.	5	3.13	5		26.10	3.90	46.80	3.90
01:10 p.m.	5	3.13	10		24.20	1.90	22.80	5.80
01:15 p.m.	5	3.13	15		22.20	2.00	24.00	7.80
01:20 p.m.	5	3.13	20	30	20.10	2.10	25.20	9.90
01:25 p.m.	5	3.13	25		28.20	1.80	21.60	11.70
01:30 p.m.	5	3.13	30		26.10	2.10	25.20	13.80
01:35 p.m.	5	3.13	35		24.60	1.50	18.00	15.30
01:40 p.m.	5	3.13	40		22.10	2.50	30.00	17.80
01:50 p.m.	10	6.25	50	30	18.10	4.00	24.00	21.80
02:00 p.m.	10	6.25	60		27.90	2.10	12.60	23.90
02:10 p.m.	10	6.25	70		23.60	4.30	25.80	28.20
02:20 p.m.	10	6.25	80	30	17.05	6.55	39.30	34.75
02:30 p.m.	10	6.25	90		26.10	3.90	23.40	38.65
02:40 p.m.	10	6.25	100		22.05	4.05	24.30	42.70
02:50 p.m.	10	6.25	110	30	17.10	4.95	29.70	47.65
03:00 p.m.	10	6.25	120		28.10	1.90	11.40	49.55
03:20 p.m.	20	12.50	140		24.10	4.00	12.00	53.55
03:40 p.m.	20	12.50	160		20.05	4.05	12.15	57.60

Elaborada por: Anielka Delgadillo, Aracelys Díaz y Johnston Guzmán

**TABLA DE AJUSTE DE DATOS DE CAMPO EN PRUEBA DE INFILTRACIÓN EN LAS DIFERENTES FINCAS**

**TABLA 14**

N°	T. acumul.	Vel. infil.	ln (T)	[ ln (T) ] <sup>2</sup>	ln (Vi)	ln(T) * ln(Vi)	CONSTANTES		Vel. infil.	Infil. acum.	Infil. Básica
	(minutos)	cm/h.					A	B	cm/h	cm/h	cm/h
0	0										
1	5	46,80	1,61	2,59	3,85	6,19	49,974473	-0,276356	32,03	0,36	12,1714656
2	10	22,80	2,30	5,30	3,13	7,20	49,974473	-0,276356	26,45	0,22	
3	15	24,00	2,71	7,33	3,18	8,61	49,974473	-0,276356	23,64	0,16	
4	20	25,20	3,00	8,97	3,23	9,67	49,974473	-0,276356	21,84	0,13	
5	25	21,60	3,22	10,36	3,07	9,89	49,974473	-0,276356	20,53	0,11	
6	30	25,20	3,40	11,57	3,23	10,98	49,974473	-0,276356	19,52	0,10	
7	35	18,00	3,56	12,64	2,89	10,28	49,974473	-0,276356	18,71	0,09	
8	40	30,00	3,69	13,61	3,40	12,55	49,974473	-0,276356	18,03	0,08	
9	50	24,00	3,91	15,30	3,18	12,43	49,974473	-0,276356	16,95	0,07	
10	60	12,60	4,09	16,76	2,53	10,37	49,974473	-0,276356	16,12	0,06	
11	70	25,80	4,25	18,05	3,25	13,81	49,974473	-0,276356	15,45	0,05	
12	80	39,30	4,38	19,20	3,67	16,09	49,974473	-0,276356	14,89	0,05	
13	90	23,40	4,50	20,25	3,15	14,19	49,974473	-0,276356	14,41	0,04	
14	100	24,30	4,61	21,21	3,19	14,69	49,974473	-0,276356	14,00	0,04	
15	110	29,70	4,70	22,09	3,39	15,94	49,974473	-0,276356	13,63	0,04	
16	120	11,40	4,79	22,92	2,43	11,65	49,974473	-0,276356	13,31	0,04	
17	140	12,00	4,94	24,42	2,48	12,28	49,974473	-0,276356	12,75	0,03	
18	160	12,15	5,08	25,76	2,50	12,67	49,974473	-0,276356	12,29	0,03	
<b>SUMA</b>			<b>68,73</b>	<b>278,34</b>	<b>55,75</b>	<b>209,48</b>	<b>Promedio velocidad</b>		<b>18,03</b>	<b>0,09</b>	

Elaborada por: Anielka Delgadillo, Aracelys Díaz y Johnston Guzmán

## TABLA DE DATOS DE CAMPO LEVANTADOS DURANTE LA PRUEBA DE LA EVALUACION HIDRÁULICA EN LAS DIFERENTES FINCAS

TABLA 15

Finca Las Mercedes  
Cultivo: Chiltoma  
Área: 1Mz

LEVANTAMIENTO DE CAMPO PARA LA PRUEBA DE INFILTRACIÓN.									
N°	Hora	T. de observ.	T. en %	T. acumul.	Llenado	Lectura	Diferencia de	V. de infil.	Infiltración
	de lectura	(minutos)	de horas.	(minutos)	del cilindro.	(cm.)	medida (cm)	cm/h.	acum. (cm/h)
0	09:50 a.m.	0	0.00	0	30				
1	09:55 a.m.	5	3.13	5		27.30	2.70	32.40	2.70
2	10:00 a.m.	5	3.13	10		25.20	2.10	25.20	4.80
3	10:05 a.m.	5	3.13	15		23.00	2.20	26.40	7.00
4	10:10 a.m.	5	3.13	20		22.50	0.50	6.00	7.50
5	10:15 a.m.	5	3.13	25		21.40	1.10	13.20	8.60
6	10:20 a.m.	5	3.13	30		21.10	0.30	3.60	8.90
7	10:25 a.m.	5	3.13	35	30	20.50	0.60	7.20	9.50
8	10:30 a.m.	5	3.13	40		28.50	1.50	18.00	11.00
9	10:40 a.m.	10	6.25	50		26.60	1.90	11.40	12.90
10	10:50 a.m.	10	6.25	60		24.30	2.30	13.80	15.20
11	11:00 a.m.	10	6.25	70		23.80	0.50	3.00	15.70
12	11:10 a.m.	10	6.25	80		22.90	0.90	5.40	16.60
13	11:20 a.m.	10	6.25	90	30	20.10	2.80	16.80	19.40
14	11:30 a.m.	10	6.25	100		27.20	2.80	16.80	22.20
15	11:40 a.m.	10	6.25	110		24.10	3.10	18.60	25.30
16	11:50 a.m.	10	6.25	120		22.60	1.50	9.00	26.80
17	12:10 p.m.	20	12.50	140	30	17.50	5.10	15.30	31.90
18	12:30 p.m.	20	12.50	160		24.90	5.10	15.30	37.00

Elaborada por: Anielka Delgadillo, Aracelys Díaz y Johnston Guzmán

TABLA DE AJUSTE DE DATOS DE CAMPO EN PRUEBA DE INFILTRACIÓN EN LAS DIFERENTES FINCAS

TABLA 16

N°	T. acumul. (minutos)	Vel. infil. cm/h.	ln (T)	[ ln (T) ] <sup>2</sup>	ln (Vi)	ln(T) * ln(Vi)	CONSTANTES		Vel. infil. cm/h	Infil. acum. cm/h	Infil. Bàsica cm/h
							A	B			
0	0										
1	5	32.40	1.61	2.59	3.48	5.60	24.107058	-0.185146	17.90	0.13	10.0785351
2	10	25.20	2.30	5.30	3.23	7.43	24.107058	-0.185146	15.74	0.08	
3	15	26.40	2.71	7.33	3.27	8.86	24.107058	-0.185146	14.60	0.05	
4	20	6.00	3.00	8.97	1.79	5.37	24.107058	-0.185146	13.84	0.04	
5	25	13.20	3.22	10.36	2.58	8.31	24.107058	-0.185146	13.28	0.04	
6	30	3.60	3.40	11.57	1.28	4.36	24.107058	-0.185146	12.84	0.03	
7	35	7.20	3.56	12.64	1.97	7.02	24.107058	-0.185146	12.48	0.03	
8	40	18.00	3.69	13.61	2.89	10.66	24.107058	-0.185146	12.18	0.02	
9	50	11.40	3.91	15.30	2.43	9.52	24.107058	-0.185146	11.68	0.02	
10	60	13.80	4.09	16.76	2.62	10.75	24.107058	-0.185146	11.30	0.02	
11	70	3.00	4.25	18.05	1.10	4.67	24.107058	-0.185146	10.98	0.02	
12	80	5.40	4.38	19.20	1.69	7.39	24.107058	-0.185146	10.71	0.01	
13	90	16.80	4.50	20.25	2.82	12.70	24.107058	-0.185146	10.48	0.01	
14	100	16.80	4.61	21.21	2.82	12.99	24.107058	-0.185146	10.28	0.01	
15	110	18.60	4.70	22.09	2.92	13.74	24.107058	-0.185146	10.10	0.01	
16	120	9.00	4.79	22.92	2.20	10.52	24.107058	-0.185146	9.94	0.01	
17	140	15.30	4.94	24.42	2.73	13.48	24.107058	-0.185146	9.66	0.01	
18	160	15.30	5.08	25.76	2.73	13.84	24.107058	-0.185146	9.42	0.01	
SUMA			68.73	278.34	44.56	167.20	Promedio velocidad		12.08	0.03	

Elaborada por: Anielka Delgadillo, Aracelys Díaz y Johnston Guzmán

**TABLA DE DATOS DE CAMPO LEVANTADOS DURANTE LA PRUEBA DE LA EVALUACION HIDRÁULICA EN LAS DIFERENTES FINCAS**

**TABLA 17**

**Finca Nicolaza**  
**Cultivo: Chiltoma**  
**Área: 1Mz**

<b>LEVANTAMIENTO DE CAMPO PARA LA PRUEBA DE INFILTRACIÓN.</b>									
<b>Nº</b>	<b>Hora</b>	<b>T. de observ.</b>	<b>T. en %</b>	<b>T. acumul.</b>	<b>Llenado</b>	<b>Lectura</b>	<b>Diferencia de</b>	<b>V. de infil.</b>	<b>Infiltración</b>
	<b>de lectura</b>	<b>(minutos)</b>	<b>de horas.</b>	<b>(minutos)</b>	<b>del cilindro.</b>	<b>(cm.)</b>	<b>medida (cm)</b>	<b>cm/h.</b>	<b>acum. (cm/h)</b>
0	09:50 a.m.	0	0.00	0	30				
1	09:55 a.m.	5	3.13	5		28.40	1.60	19.20	1.60
2	10:00 a.m.	5	3.13	10		25.60	2.80	33.60	4.40
3	10:05 a.m.	5	3.13	15		23.20	2.40	28.80	6.80
4	10:10 a.m.	5	3.13	20		21.10	2.10	25.20	8.90
5	10:15 a.m.	5	3.13	25	30	20.10	1.00	12.00	9.90
6	10:20 a.m.	5	3.13	30		28.10	1.90	22.80	11.80
7	10:25 a.m.	5	3.13	35		26.30	1.80	21.60	13.60
8	10:30 a.m.	5	3.13	40		23.10	3.20	38.40	16.80
9	10:40 a.m.	10	6.25	50	30	20.10	3.00	18.00	19.80
10	10:50 a.m.	10	6.25	60		27.60	2.40	14.40	22.20
11	11:00 a.m.	10	6.25	70		23.90	3.70	22.20	25.90
12	11:10 a.m.	10	6.25	80		20.10	3.80	22.80	29.70
13	11:20 a.m.	10	6.25	90	30	17.40	2.70	16.20	32.40
14	11:30 a.m.	10	6.25	100		27.10	2.90	17.40	35.30
15	11:40 a.m.	10	6.25	110		22.80	4.30	25.80	39.60
16	11:50 a.m.	10	6.25	120	30	18.10	4.70	28.20	44.30
17	12:10 p.m.	20	12.50	140		26.90	3.10	9.30	47.40
18	12:30 p.m.	20	12.50	160		22.20	4.70	14.10	52.10

Elaborada por: Anielka Delgadillo, Aracelys Díaz y Johnston Guzmán

**TABLA DE AJUSTE DE DATOS DE CAMPO EN PRUEBA DE INFILTRACIÓN EN LAS DIFERENTES FINCAS**

TABLA 18

N°	T. acumul. (minutos)	Vel. infil. cm/h.	ln (T)	[ ln (T) ] <sup>2</sup>	ln (Vi)	ln(T) * ln(Vi)	CONSTANTES		Vel. infil. cm/h	Infil. acum. cm/h	Infil. Básica cm/h
							A	B			
0	0										
1	5	19.20	1.61	2.59	2.95	4.76	34.010394	-0.133857	27.42	0.16	18.90783811
2	10	33.60	2.30	5.30	3.51	8.09	34.010394	-0.133857	24.99	0.09	
3	15	28.80	2.71	7.33	3.36	9.10	34.010394	-0.133857	23.67	0.06	
4	20	25.20	3.00	8.97	3.23	9.67	34.010394	-0.133857	22.78	0.05	
5	25	12.00	3.22	10.36	2.48	8.00	34.010394	-0.133857	22.10	0.04	
6	30	22.80	3.40	11.57	3.13	10.63	34.010394	-0.133857	21.57	0.03	
7	35	21.60	3.56	12.64	3.07	10.92	34.010394	-0.133857	21.13	0.03	
8	40	38.40	3.69	13.61	3.65	13.46	34.010394	-0.133857	20.76	0.03	
9	50	18.00	3.91	15.30	2.89	11.31	34.010394	-0.133857	20.15	0.02	
10	60	14.40	4.09	16.76	2.67	10.92	34.010394	-0.133857	19.66	0.02	
11	70	22.20	4.25	18.05	3.10	13.17	34.010394	-0.133857	19.26	0.02	
12	80	22.80	4.38	19.20	3.13	13.70	34.010394	-0.133857	18.92	0.01	
13	90	16.20	4.50	20.25	2.79	12.53	34.010394	-0.133857	18.62	0.01	
14	100	17.40	4.61	21.21	2.86	13.15	34.010394	-0.133857	18.36	0.01	
15	110	25.80	4.70	22.09	3.25	15.28	34.010394	-0.133857	18.13	0.01	
16	120	28.20	4.79	22.92	3.34	15.99	34.010394	-0.133857	17.92	0.01	
17	140	9.30	4.94	24.42	2.23	11.02	34.010394	-0.133857	17.55	0.01	
18	160	14.10	5.08	25.76	2.65	13.43	34.010394	-0.133857	17.24	0.01	
<b>SUMA</b>			<b>68.73</b>	<b>278.34</b>	<b>54.28</b>	<b>205.13</b>	<b>Promedio velocidad</b>		<b>20.57</b>	<b>0.04</b>	

Elaborada por: Anielka Delgadillo, Aracelys Díaz y Johnston Guzmán

**TABLA DE DATOS DE CAMPO LEVANTADOS DURANTE LA PRUEBA DE LA EVALUACION HIDRÁULICA EN LAS DIFERENTES FINCAS**

**TABLA 19**

**Finca Pastora**  
**Cultivo: Chiltoma**  
**Área: 1Mz**

LEVANTAMIENTO DE CAMPO PARA LA PRUEBA DE INFILTRACIÓN.									
Nª	Hora	T. de observ.	T. en %	T. acumul.	Llenado	Lectura	Diferencia de	V. de infil.	Infiltración
	de lectura	(minutos)	de horas.	(minutos)	del cilindro.	(cm.)	medida (cm)	cm/h.	acum. (cm/h)
0	02:00 p.m.	0	0.00	0	30				
1	02:05 p.m.	5	3.13	5		25.30	4.70	56.40	4.70
2	02:10 p.m.	5	3.13	10		22.30	3.00	36.00	7.70
3	02:15 p.m.	5	3.13	15	30	20.10	2.20	26.40	9.90
4	02:20 p.m.	5	3.13	20		28.20	1.80	21.60	11.70
5	02:25 p.m.	5	3.13	25		26.30	1.90	22.80	13.60
6	02:30 p.m.	5	3.13	30		24.85	1.45	17.40	15.05
7	02:35 p.m.	5	3.13	35		22.40	2.45	29.40	17.50
8	02:40 p.m.	5	3.13	40		21.60	0.80	9.60	18.30
9	02:50 a.m.	10	6.25	50	30	18.80	2.80	16.80	21.10
10	03:00 p.m.	10	6.25	60		27.20	2.80	16.80	23.90
11	03:10 a.m.	10	6.25	70		24.20	3.00	18.00	26.90
12	03:20 p.m.	10	6.25	80		21.20	3.00	18.00	29.90
13	03:30 a.m.	10	6.25	90	30	18.30	2.90	17.40	32.80
14	03:40 p.m.	10	6.25	100		27.60	2.40	14.40	35.20
15	03:50 a.m.	10	6.25	110		23.10	4.50	27.00	39.70
16	04:00 p.m.	10	6.25	120		21.70	1.40	8.40	41.10
17	04:20 p.m.	20	12.50	140	30	15.80	5.90	17.70	47.00
18	04:40 p.m.	20	12.50	160		26.10	3.90	11.70	50.90

Elaborada por: Anielka Delgadillo, Aracelys Díaz y Johnston Guzmán

TABLA DE AJUSTE DE DATOS DE CAMPO EN PRUEBA DE INFILTRACIÓN EN LAS DIFERENTES FINCAS

TABLA 20

N°	T. acumul. (minutos)	Vel. infil. cm/h.	ln (T)	[ ln (T) ] <sup>2</sup>	ln (Vi)	ln(T) * ln(Vi)	CONSTANTES		Vel. infil. cm/h	Infil. acum. cm/h	Infil. Básica cm/h
							A	B			
0	0										
1	5	56.40	1.61	2.59	4.03	6.49	72.111994	-0.345089	41.38	0.64	11.44861516
2	10	36.00	2.30	5.30	3.58	8.25	72.111994	-0.345089	32.58	0.41	
3	15	26.40	2.71	7.33	3.27	8.86	72.111994	-0.345089	28.32	0.31	
4	20	21.60	3.00	8.97	3.07	9.20	72.111994	-0.345089	25.65	0.26	
5	25	22.80	3.22	10.36	3.13	10.06	72.111994	-0.345089	23.75	0.22	
6	30	17.40	3.40	11.57	2.86	9.72	72.111994	-0.345089	22.30	0.20	
7	35	29.40	3.56	12.64	3.38	12.02	72.111994	-0.345089	21.14	0.18	
8	40	9.60	3.69	13.61	2.26	8.34	72.111994	-0.345089	20.19	0.16	
9	50	16.80	3.91	15.30	2.82	11.04	72.111994	-0.345089	18.69	0.14	
10	60	16.80	4.09	16.76	2.82	11.55	72.111994	-0.345089	17.55	0.13	
11	70	18.00	4.25	18.05	2.89	12.28	72.111994	-0.345089	16.65	0.11	
12	80	18.00	4.38	19.20	2.89	12.67	72.111994	-0.345089	15.90	0.10	
13	90	17.40	4.50	20.25	2.86	12.85	72.111994	-0.345089	15.26	0.10	
14	100	14.40	4.61	21.21	2.67	12.28	72.111994	-0.345089	14.72	0.09	
15	110	27.00	4.70	22.09	3.30	15.49	72.111994	-0.345089	14.24	0.08	
16	120	8.40	4.79	22.92	2.13	10.19	72.111994	-0.345089	13.82	0.08	
17	140	17.70	4.94	24.42	2.87	14.20	72.111994	-0.345089	13.10	0.07	
18	160	11.70	5.08	25.76	2.46	12.48	72.111994	-0.345089	12.51	0.07	
SUMA			68.73	278.34	53.29	197.99	Promedio velocidad		20.43	0.19	

Elaborada por: Anielka Delgadillo, Aracelys Díaz y Johnston Guzmán



TABLA 21

**DETERMINACION DEL REGIMEN DE  
VELOCIDAD DE INFILTRACION EN EL SUELO**

<b>Criterios de Clasificación</b>	<b>Velocidad de Infiltración (pulg/hr)</b>	<b>Velocidad de infiltración (cm/hr)</b>
Muy baja	menos de 0.05	Menos de 0.13
Baja	0.05 - 0.20	0.13 - 0.5
Moderada baja	0.20 - 0.80	0.50 - 2.00
Moderada	0.80 - 2.50	2.00 - 6.40
Moderada rápida	2.50 - 5.00	6.40 - 12.70
<b>Rápida</b>	<b>5.00 - 10.00</b>	<b>12.70 – 25.40</b>
Muy rápida	mas de 10.00	mas de 25.40

**Fuente: Guía de laboratorio de infiltración UNI-RUPAP**

TABLA 22

**CLASIFICACION DE LOS SUELOS DE ACUERDO CON SUS POSIBILIDADES DE  
INFILTRACION.**

<b>CLASIFICACION</b>	<b>CARACTERISTICAS</b>
<b>Ligeros</b>	Suelos con alta velocidad de infiltración que tiene partículas de tamaño mayor de 0.05 mm.
<b>Medios</b>	Suelos con una velocidad de infiltración que no es muy alta ni muy baja (intermedia) se caracterizan por estar formados por una mezcla de arena, limo y arcilla (suelos francos).
<b>Pesados</b>	Son los que tienen velocidad de infiltración baja formados fundamentalmente por partículas finas menores de 0.02mm.

Fuente: Instituto de hidrometría 1975

TABLA 23

Nivel freático de los pozos existente en las fincas	
Fincas	Profundidad del nivel freático (mt).
Ruiz	25
Mariana	23
Las Mercedes	22.6
Nicolaza	24
Pastora	20
Promedio	23

TABLA 24

Profundidad de los pozos en cada finca		
Fincas	Profundidad de pozo	
	pies'	mt
Ruiz	128'	39
Mariana	115'	35
Las Mercedes	121'	37
Nicolaza	115' ,	35
Pastora	108' ,	33
Promedio	117'	36

TABLA 25

CLASIFICACION DEL SUELO SEGÚN EL pH	
RANGOS DE pH	CLASIFICACION
5.2 a 5.6	Fuertemente ácidos
6.6 a 6.2	Ácidos
6.2 a 6.6	Ligeramente ácidos
<b>6.8 a 7.2</b>	<b>Neutrales</b>
7.4 a 7.8	Ligeramente alcalinos
7.8 a 8.4	Alcalinos
8.4 a 8.8	Fuertemente alcalinos

Fuente: rango de nutriente. Quintana et al., , 1983.

TABLA 26

Clasificación del terreno según el tipo de pendiente.		
Tipo de pendiente.	Grado de la pendiente en %.	Clasificación del terreno según la pendiente.
A	0 – 1.5	Casi plano.
<b>B</b>	<b>1.5 – 4</b>	<b>Ligeramente ondulado o inclinado.</b>
C	4 – 8	Moderado ondulado o inclinado.
D	8 – 15	Fuerte undulado o inclinado.
E	15 – 30	Moderadamente escarpado.
F	30 – 50	Escarpado.
Ff	50 – 75	Muy escarpado.
G	75 – +	Precipicio.

Fuente: INETER

TABLA 27

PESO EQUIVALENTE QUIMICO DE LOS IONES MAS FRECUENTES EN EL AGUA DE RIEGO		
Iones	Peso del equivalente Químico (gr)	Peso del miliequivalente Químico (meq) (gr)
<b>Ca</b>	20.04	0.02004
<b>Mg</b>	12.16	0.01216
<b>Na</b>	23.00	0.02300
<b>K</b>	39.10	0.03910
<b>Cl</b>	35.46	0.03546
<b>SO<sub>4</sub></b>	48.03	0.04803
<b>CO<sub>3</sub></b>	30.00	0.03000
<b>CO<sub>3</sub> H</b>	61.00	0.06100

TABLA 28

## CLASIFICACIÓN DEL AGUA SEGÚN SU CONTENIDO EN CALCIO

Tipo de agua	Grados hidrométricos franceses
Muy dulce	Menos de 7
Dulce	7 – 14
Medianamente dulce	14 – 22
Medianamente dura	22 – 32
Dura	32 – 54
Muy dura	Mas de 54

Fuente: Calidad agronómica de las aguas para riego 1991.

TABLA 29

## PORCENTAJE DEL ÁREA HUMEDECIDA EN EL RIEGO POR GOTEO.

Distancia entre las líneas por emisores en m.	CAUDAL DE EMISORES														
	MENOS DE 1,5 l/h			2 l/h			4 l/h			8 l/h			MAS de 12 l/h		
	SEPARACIÓN DE LOS EMISORES EN DISTINTOS TIPOS DE SUELOS, EXPRESADA EN m.														
	C	M	F	C	M	F	C	M	F	C	M	F	C	M	F
	0,2	0,5	0,9	0,3	0,7	1,0	0,6	1,0	1,3	1,0	1,3	1,7	1,3	1,6	2,0
	PORCENTAJE DE SUELO MOJADO A 30 cm DE PROFUNDIDAD														
0,8	38	88	100	50	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
1	33	70	100	40	80	100	80	100	100	100	100	100	100	100	100
1,2	25	58	92	33	67	100	67	100	100	100	100	100	100	100	100
1,5	20	47	73	26	53	80	53	80	100	80	100	100	100	100	100
2	15	35	55	20	40	60	40	60	80	60	80	100	80	100	100
2,5	12	28	44	16	32	48	32	48	64	48	64	80	64	80	100
3	10	23	37	13	26	40	26	40	53	40	53	67	53	67	80
3,5	9	20	31	11	23	34	23	34	46	34	46	57	46	57	68
4	8	18	28	10	20	30	20	30	40	30	40	50	40	50	60
4,5	7	16	24	9	18	26	18	26	36	26	36	44	36	44	53
5	6	14	22	8	16	24	16	24	32	24	32	40	32	40	48
6	5	12	18	7	14	20	14	20	27	20	27	34	27	34	40

FUENTE: Keller y Karmelli D. 1975 Trickle Irrigation Desing Rain Bird Sprinkler. Manufacturing Co. California USA.

C= Suelo de textura gruesa (arenoso)

F= Suelo de textura fina (arcilloso)

M= Suelo de textura media (Franco)

TABLA 30

EFICIENCIA DE APLICACIÓN DE RIEGO POR GOTEO EN ZONAS ARIDAS				
Prof. de raíces	Tipo de textura			
Metros	Grava	Arenosa	Media	Fina
Menor de 0.75	0.85	0.9	<b>0.95</b>	0.95
0.75 – 1.50	0.9	0.9	0.95	1.00
Mayor de 1.50	0.95	0.95	1.00	1.00

TABLA 31

## COEFICIENTE DEL TANQUE ( Kp)

CUBETA CLASE A	CUBETA RODEADA DE CUBETA VERDE BAJA				CUBETA DE BARBECHO SECAÑO			
RH% MEDIA	Baja < 40	Media 40-70	Alta > 70		Baja < 40	Media 40-70	Alta > 70	
VIENTO km/día	Distancia a barlovento de la cubierta vegetal en m				Distancia a barlovento de la cubierta verde en m			
Débiles < 175	KP				KP			
	0	0.55	0.65	0.75	0	0.7	0.8	0.85
	10	0.65	0.75	0.85	10	0.6	0.7	0.8
	100	0.7	0.8	0.85	100	0.55	0.65	0.75
	1000	0.75	0.85	0.85	1000	0.5	0.6	0.7
Moderado 175-425	KP				KP			
	0	0.5	0.6	0.65	0	0.65	0.75	0.8
	10	0.6	0.7	0.75	10	0.55	0.65	0.7
	100	0.65	0.75	0.8	100	0.5	0.6	0.65
	1000	0.7	0.8	0.8	1000	0.45	0.55	0.6
Fuentes 425-700	KP				KP			
	0	0.45	0.5	0.6	0	0.6	0.65	0.7
	10	0.55	0.6	0.65	10	0.5	0.55	0.65
	100	0.6	0.65	0.7	100	0.45	0.5	0.6
	1000	0.65	0.7	0.75	1000	0.4	0.45	0.55
Muy fuerte > 700	KP				KP			
	0	0.4	0.45	0.5	0	0.5	0.6	0.65
	10	0.45	0.55	0.6	10	0.45	0.5	0.55
	100	0.5	0.6	0.65	100	0.4	0.45	0.5
	1000	0.55	0.6	0.65	100	0.35	0.4	0.45

Fuente: Tomo de Riego y Drenaje de la FAO. Boletín FAO N° 2

TABLA 32

## COEFICIENTE DE CULTIVO (Kc).

CULTIVO	FASES DE DESARROLLO DEL CULTIVO					Periodo vegetativo total.
	Inicial	Vegetativo	Floración	Formación de cosecha	Cosecha	
Banana						
Tropical	0.4 – 0.5	0.7 – 0.85	1.0 – 1.1	0.9 – 1.0	0.75 – 0.85	0.7 – 0.8
Subtropical	0.5 – 0.65	0.8 – 0.9	1.0 – 1.2	1.0 – 1.15	1.0 – 1.15	0.85 – 0.95
Frijol						
Verde	0.3 – 0.4	0.65 – 0.75	0.95 – 1.05	0.9 – 0.95	0.85 – 0.95	0.85 – 0.9
Seco	0.3 – 0.4	0.7 – 0.8	1.05 – 1.2	0.65 – 0.75	0.25 – 0.3	0.7 – 0.8
Col	0.4 – 0.5	0.7 – 0.8	0.95 – 1.1	0.9 – 1.0	0.8 – 0.95	0.7 – 0.8
Algodón	0.4 – 0.5	0.7 – 0.8	1.05 – 1.2	0.8 – 0.9	0.65 – 0.7	0.8 – 0.9
Vid	0.35 – 0.55	0.6 – 0.8	0.7 – 0.9	0.6 – 0.8	0.55 – 0.7	0.55 – 0.75
Maní	0.4 – 0.5	0.7 – 0.8	0.95 – 1.1	0.75 – 0.85	0.55 – 0.6	0.75 – 0.8
Maíz						
Dulce	0.3 – 0.5	0.7 – 0.9	1.05 – 1.2	1.0 – 1.15	0.95 – 1.1	0.8 – 0.95
Grano	0.3 – 0.5	0.7 – 0.85	1.05 – 1.2	0.8 – 0.95	0.55 – 0.6	0.75 – 0.9
Cebolla						
Seca	0.4 – 0.6	0.7 – 0.8	0.95 – 1.1	0.85 – 0.9	0.75 – 0.85	0.8 – 0.9
Verde	0.4 – 0.6	0.6 – 0.75	0.95 – 1.05	0.95 – 1.05	0.95 – 1.05	0.65 – 0.8
Guisante	0.4 – 0.5	0.7 – 0.85	1.05 – 1.2	1.0 – 1.15	0.95 – 1.1	0.8 – 0.95
<b>Pimentero</b>	<b>0.3 – 0.4</b>	<b>0.6 – 0.75</b>	<b>0.95 – 1.1</b>	<b>0.85 – 1.0</b>	<b>0.8 – 0.9</b>	<b>0.7 – 0.8</b>
Papa	0.4 – 0.5	0.7 – 0.8	1.05 – 1.2	0.85 – 0.95	0.7 – 0.75	0.75 – 0.9
Arroz	1.1 – 1.15	1.1 – 1.5	1.1 – 1.3	0.95 – 1.05	0.95 – 1.05	1.05 – 1.2
Cártamo	0.3 – 0.4	0.7 – 0.8	1.05 – 1.2	0.65 – 0.7	0.2 – 0.25	0.65 – 0.7
Sorgo	0.3 – 0.4	0.7 – 0.75	1.0 – 1.15	0.75 – 0.8	0.5 – 0.55	0.75 – 0.85
Soya	0.3 – 0.4	0.7 – 0.8	1.0 – 1.15	0.7 – 0.8	0.4 – 0.5	0.75 – 0.9
Remolacha	0.4 – 0.5	0.75 – 0.85	1.05 – 1.2	0.9 – 1.0	0.6 – 0.7	0.8 – 0.9
Caña	0.4 – 0.5	0.7 – 1.0	1.0 – 1.3	0.75 – 0.8	0.5 – 0.6	0.85 – 1.05
Girasol	0.3 – 0.4	0.7 – 0.8	1.05 – 1.2	0.7 – 0.8	0.35 – 0.45	0.75 – 0.85
Tabaco	0.3 – 0.4	0.7 – 0.8	1.0 – 1.2	0.9 – 1.0	0.75 – 0.85	0.85 – 0.95
Tomate	0.4 – 0.5	0.7 – 0.8	1.05 – 1.25	0.8 – 0.95	0.6 – 0.65	0.75 – 0.9
<b>Sandía</b>	<b>0.4 – 0.5</b>	<b>0.7 – 0.8</b>	<b>0.95 – 1.05</b>	<b>0.8 – 0.9</b>	<b>0.65 – 0.75</b>	<b>0.75 – 0.85</b>
Trigo	0.3 – 0.4	0.7 – 0.8	1.05 – 1.2	0.65 – 0.75	0.2 – 0.25	0.8 – 0.9
Alfalfa	0.3 – 0.4	--	--	--	1.05 – 1.2	0.85 – 1.05
Cítrico						
Olivo						0.4 – 0.6
Papaya	0.45	0.6	0.6	0.95	0.4	

(Fuente: Tomo riego y drenaje, boletín 24 FAO)

TABLA 33

## ESPECIFICACIONES TECNICAS DE LA CINTA DE GOTEO EURODRIP

Nombre del producto, tamaño y flujo nominal emitido	Tasa de flujo emitido	Diámetro interno	Diámetro externo	Presión máxima operando	Presión máxima en la cadena	Ecuación constante de flujo	Ecuación constante de flujo	Coeficiente de variación	Factor de fricción	Largo del rollo
GPH	GPH	Pulgadas	Pulgadas	PSI	PSI	“K”	“X”	CV	Kd	Pies
	Al menos 15 psi									
<b>GR 16-0.30</b>	<b>0.35</b>	<b>0.543</b>	<b>0.623</b>	<b>65</b>	<b>117</b>	<b>0.100</b>	<b>0.56</b>	<b>0.030</b>	<b>0.40</b>	<b>1320</b>
GR 16-0.60	0.60	0.543	0.623	65	117	0.135	0.55	0.025	0.40	1320
GR 16-1.00	1.12	0.543	0.623	65	117	0.260	0.54	0.012	0.40	1320
GR 20-0.40	0.41	0.693	0.787	65	117	0.095	0.54	0.015	0.15	1000
GR 20-0.60	0.67	0.693	0.787	65	117	0.150	0.55	0.012	0.15	1000
GR 20-1.00	1.02	0.693	0.787	65	117	0.250	0.52	0.010	0.15	1000
DL 16-0.40	0.37	0.543	0.611	50	90	0.084	0.55	0.020	0.30	1320
DL 16-0.60	0.59	0.543	0.611	50	90	0.140	0.53	0.023	0.30	1320
DL 16-1.00	1.12	0.543	0.611	50	90	0.290	0.50	0.017	0.30	1320
DL 20-0.60	0.68	0.693	0.765	50	90	0.170	0.51	0.016	0.15	1000
DL 20-1.00	1.02	0.693	0.765	50	90	0.270	0.49	0.011	0.15	1000

Fuente: Pagina [www.eurodrip.com.eu](http://www.eurodrip.com.eu)

TABLA 34

## NECESIDADES NUTRICIONALES DE LA CHILTOMA

Área en Mz: 1						
Cultivo: Chiltoma						
Densidad: 1500						
Necesidades Nutricionales						
N			P			K
250			200			350
Etapas en días	Porcentaje de aplicación en solubles (%)			Dosis de aplicación en soluble (Kg x día)		
	N	P	K	N	P	K
	30-0-0	12-61-0	13-0-46	30-0-0	12-61-0	13-0-46
0-25	5	20	5	0,69	2,49	1,4
25-45	13	205	13	2,23	3,11	4,4
45-65	17	15	17	2,92	2,34	6
65-85	25	15	25	4,3	2,34	8,8
85-105	30	15	30	5,16	2,34	11
105-125	10	155	10	1,72	2,34	4
125-150	0	0	0	0	0	0
Total de porcentaje	100	100	100			

Fuente: agrónomo de la Empresa la Unión S.A.)

TABLA 35

## NECESIDADES NUTRICIONALES DEL PEPINO

Área en Mz: 1						
Cultivo: Pepino						
Densidad: 2140						
Necesidades Nutricionales						
N			P			K
50			100			50
Etapas en días	Porcentaje de aplicación en solubles (%)			Dosis de aplicación en soluble (Kg x día)		
	N	P	K	N	P	K
	34-0-0	12-61-0	13-0-46	34-0-0	12-61-0	13-0-46
0-25	5	20	5	0,13	1,18	0,11
25-45	13	20	13	0,41	1,48	0,34
45-65	17	15	17	0,53	1,11	0,46
65-85	25	15	25	0,78	1,11	0,48
Total de porcentaje	60	70	60			

Fuente: agrónomo de la Empresa la Unión S.A.



TABLA 36

## NECESIDADES NUTRICIONALES DEL PIPIAN

Área en Mz: 1						
Cultivo: Pipian						
Densidad: 1756						
Necesidades Nutricionales						
N			P		K	
60			100		70	
Etapas en días	Porcentaje de aplicación en solubles (%)			Dosis de aplicación en soluble (Kg x día)		
	N	P	K	N	P	K
	34-0-0	12-61-0	13-0-46	34-0-0	12-61-0	13-0-46
0-25	5	20	5	0,15	1,18	0,2
25-45	13	20	13	0,49	1,48	0,61
45-65	17	15	17	0,64	1,11	0,83
65-85	25	15	25	0,94	1,11	1,22
Total de porcentaje	60	70	60			

Fuente: agrónomo de la Empresa la Unión S.A.

TABLA 37

## TABLA AGRONOMICA DE LOS CULTIVOS

cultivos	Expansión de la raíz Diámetro que describe en (m)	Profundidad de la raíz (m)	Ancho del bulbo húmedo (m)	Prof. del bulbo húmedo (m)
<b>Chiltoma</b>	0.4	0.5 - 0.1	0.4	0.5
<b>Pepino</b>	0.4	0.5	0.4	0.5
<b>Pipían</b>	0.4	0.5	0.4	0.5

Fuente: Agronomía de los cultivos (Empresa la Unión S.A.)

TABLA 38

**MARCO DE PLANTACION**

<b>Cultivos</b>	<b>Separación entre Lateral (m)</b>	<b>Separación entre Surco (m)</b>	<b>Separación entre planta (m)</b>
<b>Chiltoma</b>	1	1	0.5
<b>Pepino</b>	1	1	0.5 -1
<b>Pipían</b>	1	1	0.5 -1
<b>promedio</b>	1	1	0.8

Fuente: Empresa la Unión S.A

TABLA 39

**VALORES DE M**

<b>No, de diámetros</b>	<b>M</b>
Constante	4.3
Dos	2.7
Tres	2.0
Para diseño	2.5

Fuente: Diseño y explotación de sistema de riego, 1996.

TABLA 40

**LONGITUD EQUIVALENTE Fe**

<b>Diámetro interno más frecuente (mm)</b>	<b>Grande</b>	<b>Stándard</b>	<b>Pequeña</b>
10.3	0.32	0.24	0.10
13.2	0.20	0.15	0.11
16.0	0.14	<b>0.11</b>	0.08
18.0	0.11	0.08	0.06
20.4	0.09	0.07	0.05
28.0	<b>0.05</b>	0.04	0.03

TABLA 41

## VALORES DE F DE CHRISTIANSEN

No. Salidas	F para n = 1.85	F para n = 1.75
1	1.00	1.00
2	0.64	0.65
3	0.54	0.55
4	0.49	0.50
5	0.46	0.47
6	0.44	0.45
7	0.43	0.44
8	0.42	0.43
9	0.41	0.42
10 – 11	0.40	0.41
12 – 15	0.39	0.40
16 – 20	0.38	0.39
21 – 30	0.37	0.38
31 – 70	0.36	0.37
Más de 70	0.36	0.36

TABLA 42

## DIÁMETROS DE TUBERÍA PVC Y CAUDALES MÁXIMOS PERMISIBLES

Diámetro nominal Pulgadas	SDR	Presión de trabajo m	Presión de ruptura m	Diámetro interno mm	Caudal máximo m3ph
1/2"	13,5	220,5	700	18	2,35
3/4"	17	175	560	23,5	4,3
1"	26	112	357	30	6,5
1 1/4"	26	112	357	40	10,7
1 1/2"	32,5	87,5	280	45	14,5
2"	32,5	87,5	280	56	23
2 1/2"	32,5	87,5	280	68	33
3"	41	70	220,5	84	50
4"	41	70	220,5	108	84
6"	41	70	220,5	160	185
8"	41	70	220,5	208	310
10"	41	70	220,5	259	480
12"	41	70	220,5	308	670

Fuente: AMANCO/Nicaragua

## TABLAS 43

## VALORES REPRESENTATIVOS DEL PESO ESPECÍFICO APARENTE

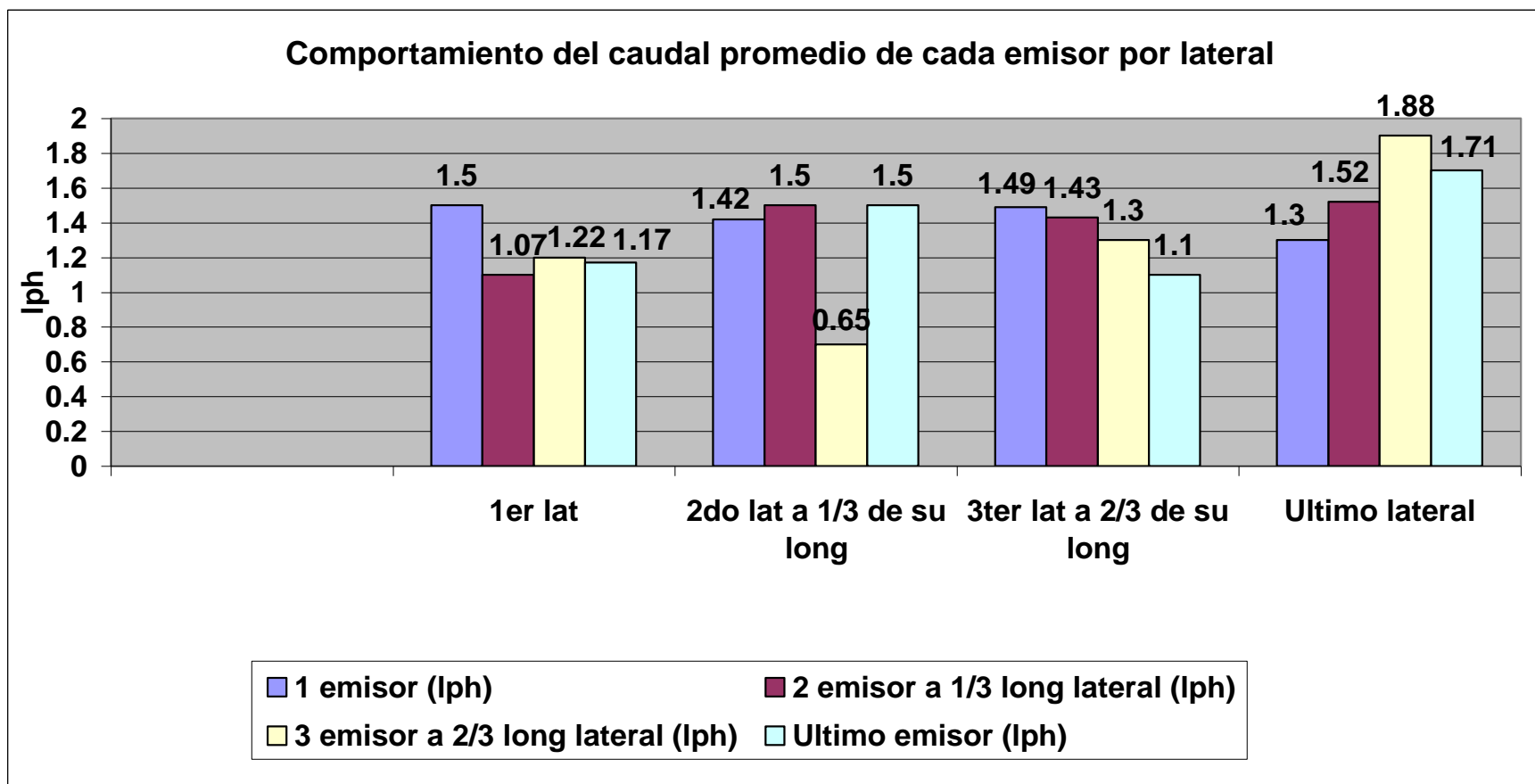
Material	Peso especifico aparente gr/cm3
Lana de roca	0,06 - 0,15
Escoria	0,80- 0,90
Suelo arcilloso	1,10 - 1,30
Suelo franco	1,30 - 1,45
Suelo ligero	1,50 - 1,70

Fuente: Uso de riegos Guía N° 19 CENTA. San Salvador.

GRAFICA DEL COMPORTAMIENTO DEL CAUDAL Y LA PRESION PROMEDIO EN CADA FINCA.

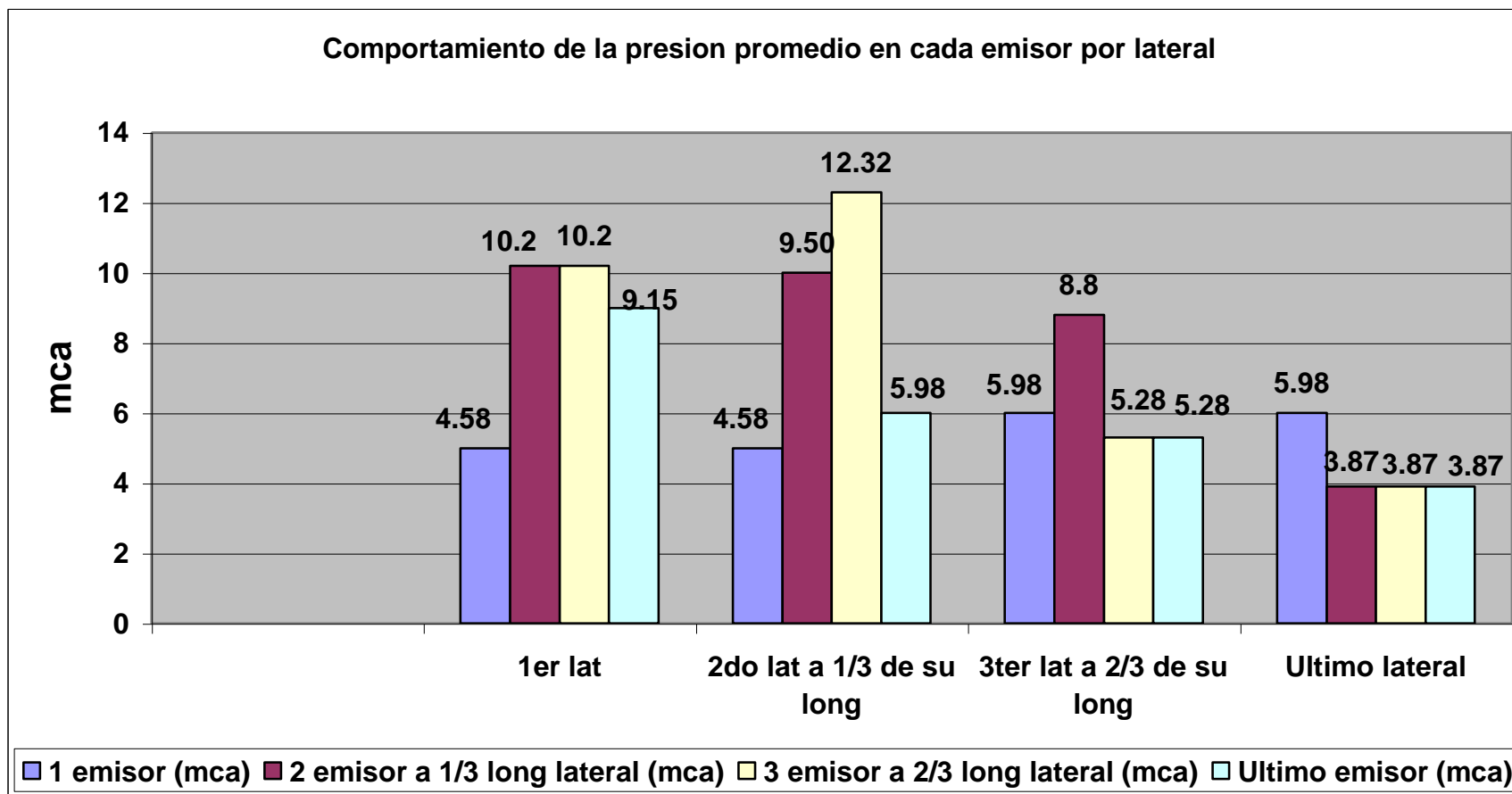
Gráfica 1

Finca Ruiz  
Cultivo: Pepino  
Área: 1Mz



Elaborada por: Anielka Delgadillo, Aracelys Díaz y Johnston Guzmán

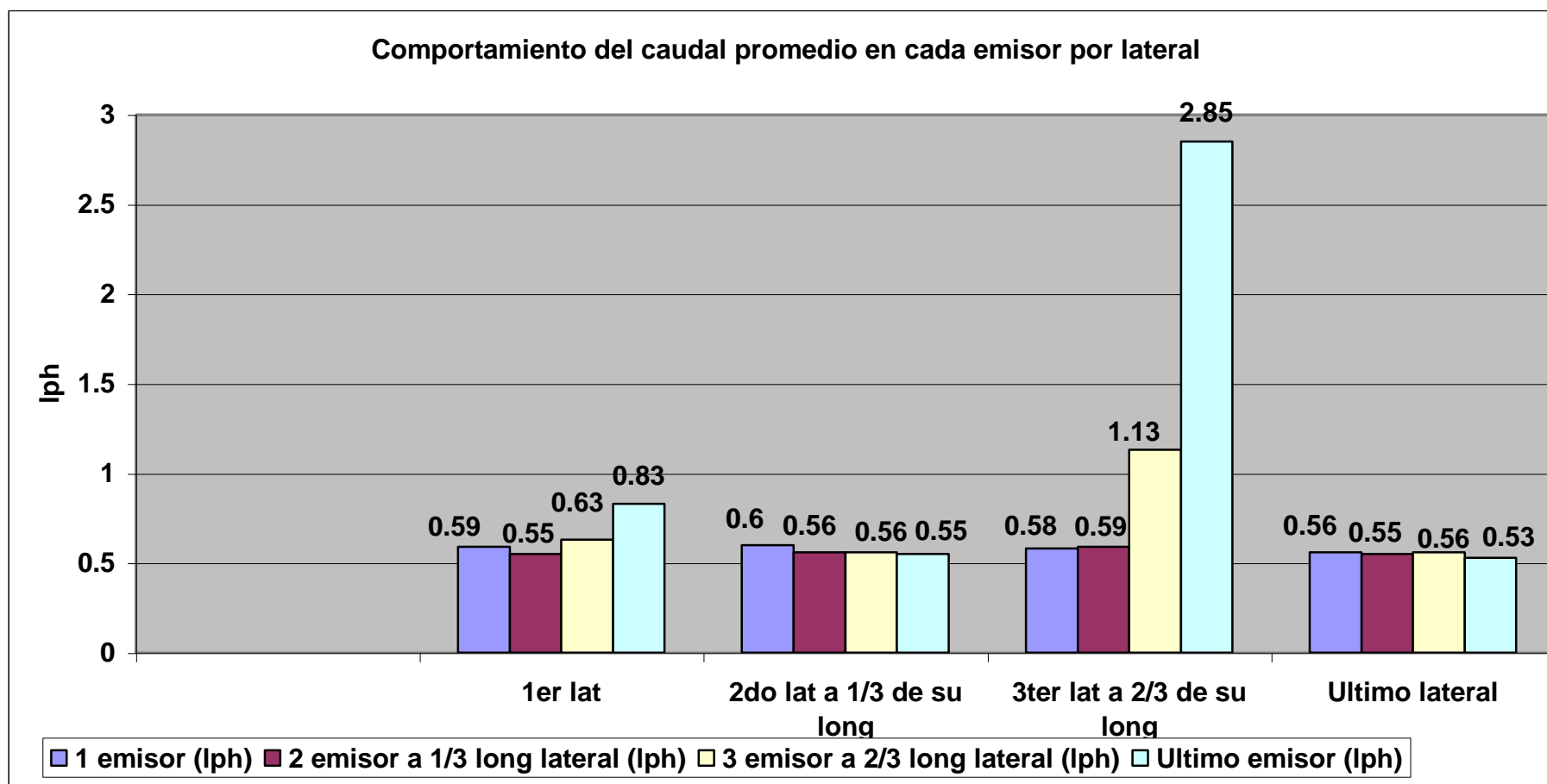
Grafico 2



Elaborada por: Anielka Delgadillo, Aracelys Díaz y Johnston Guzmán

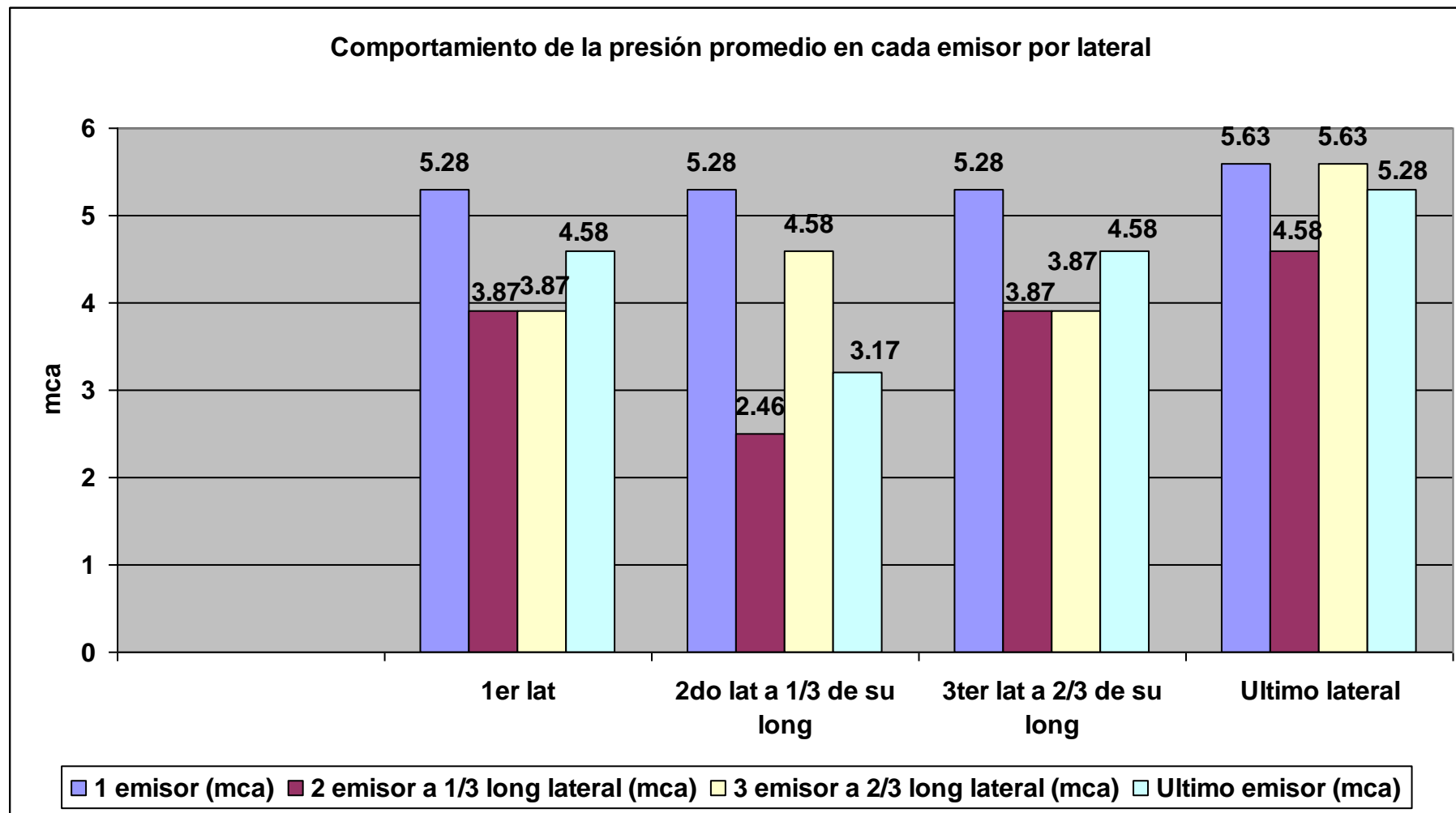
Finca Mariana  
Cultivo: Pepino  
Área: 1Mz

Grafica 3



Elaborada por: Anielka Delgadillo, Aracelys Díaz y Johnston Guzmán

Grafica 4

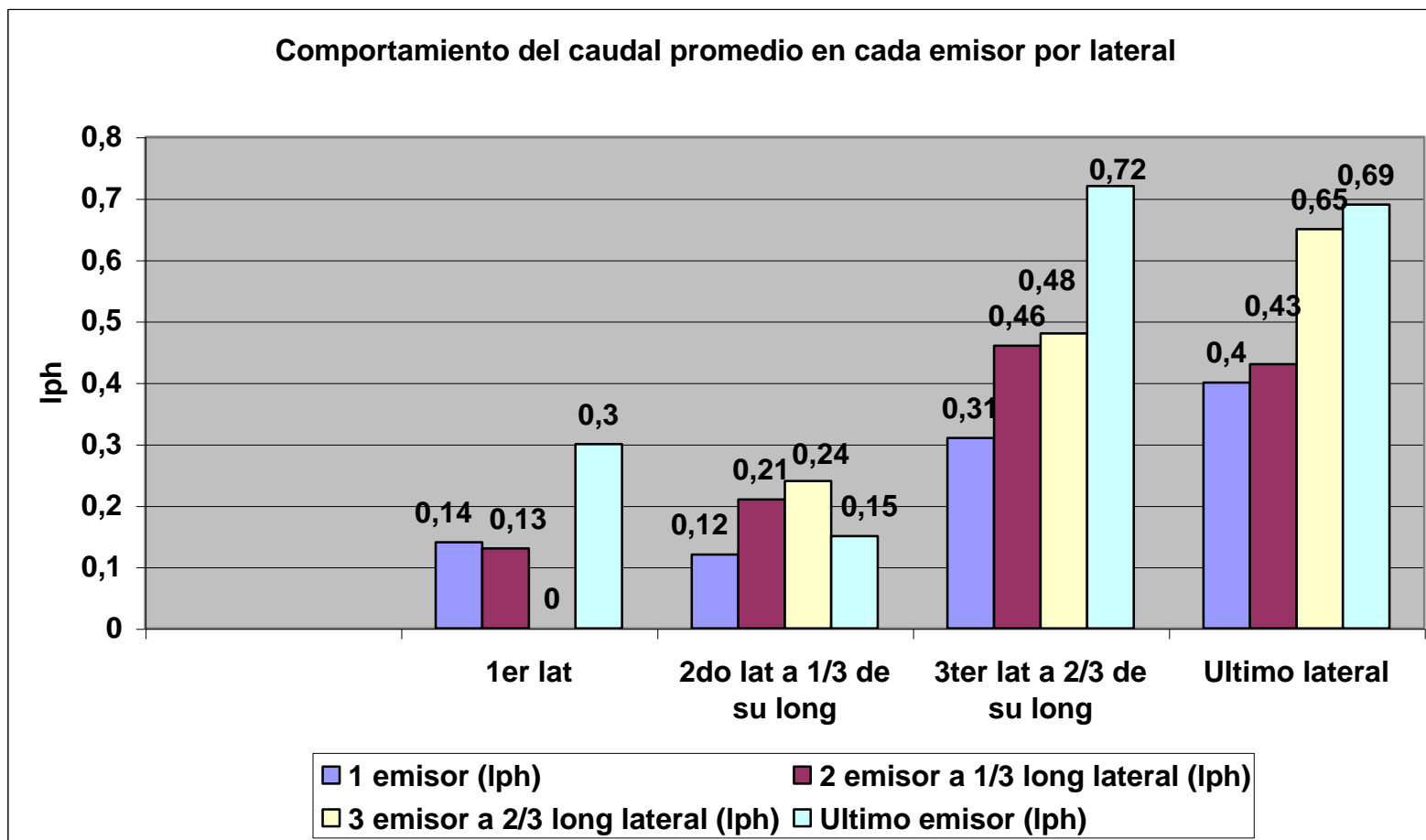


Elaborada por: Anielka Delgadillo, Aracelys Díaz y Johnston Guzmán



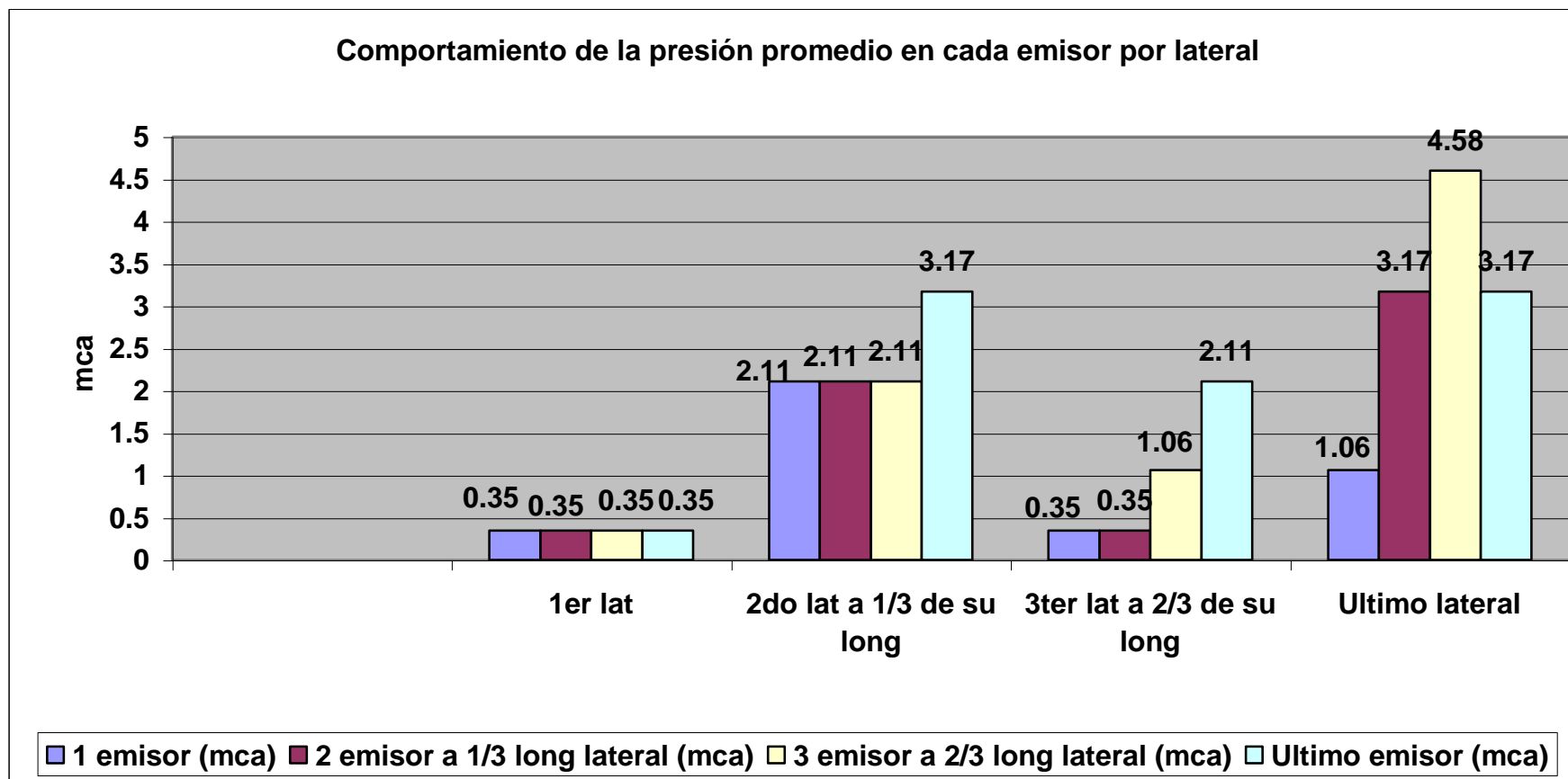
**Finca Las Mercedes**  
**Cultivo: Chiltoma**  
**Área: 1Mz**

**Grafica 5**



Elaborada por: Anielka Delgadillo, Aracelys Díaz y Johnston Guzmán

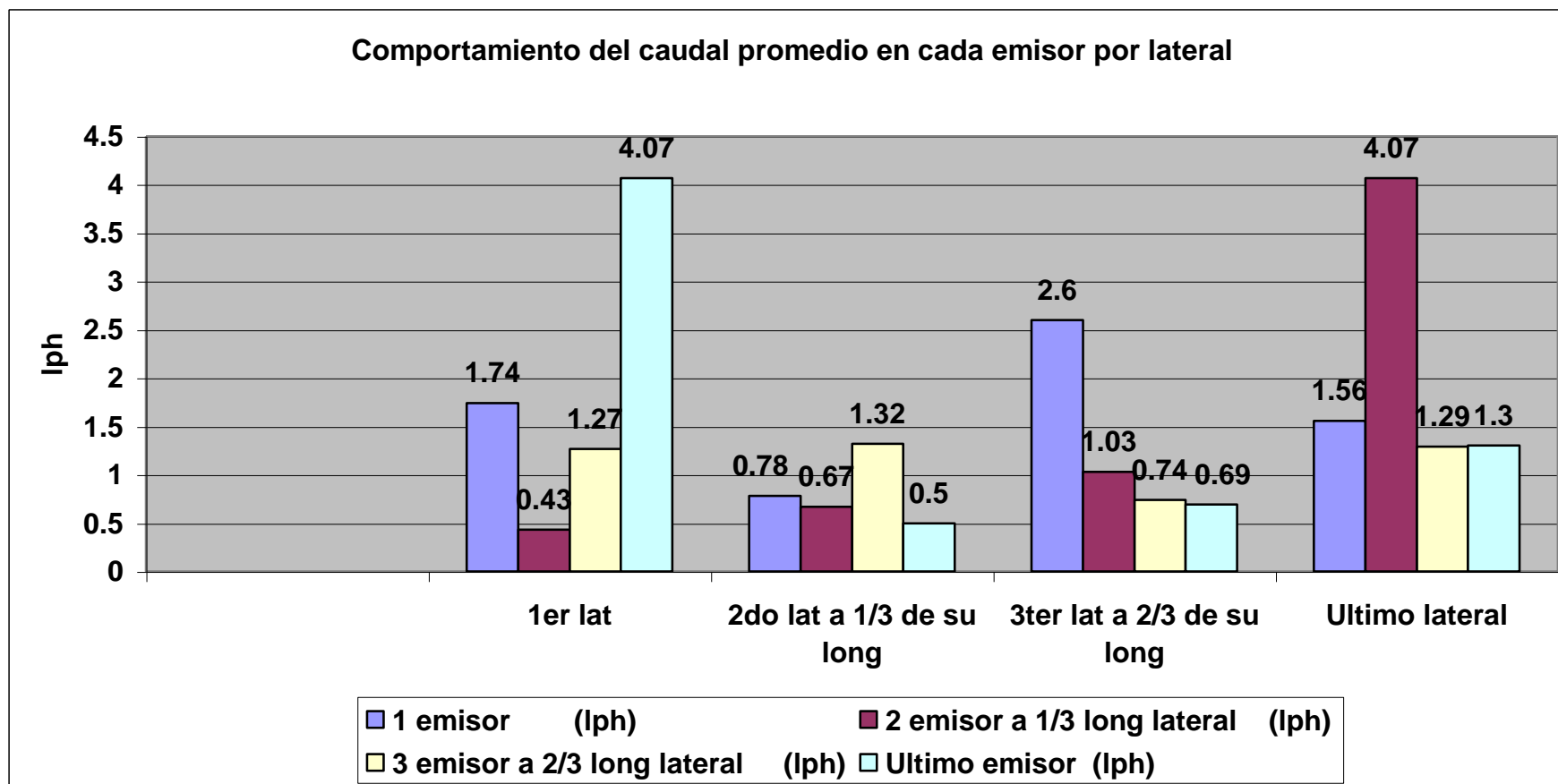
Grafica 6



Elaborada por: Anielka Delgadillo, Aracelys Díaz y Johnston Guzmán

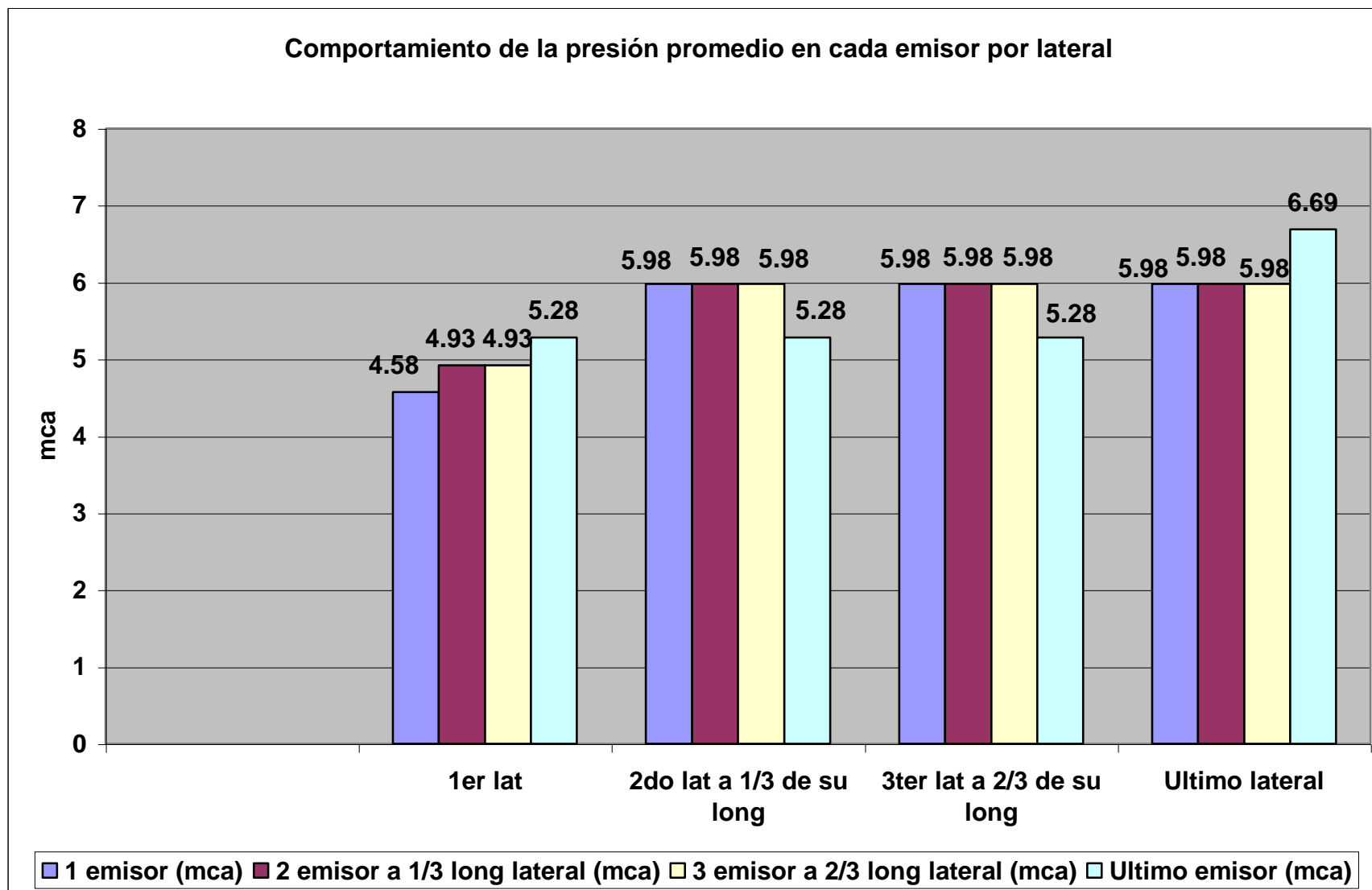
Finca Nicolaza  
Cultivo: Chiltoma  
Área: 1Mz

Grafica 7



Elaborada por: Anielka Delgadillo, Aracelys Díaz y Johnston Guzmán

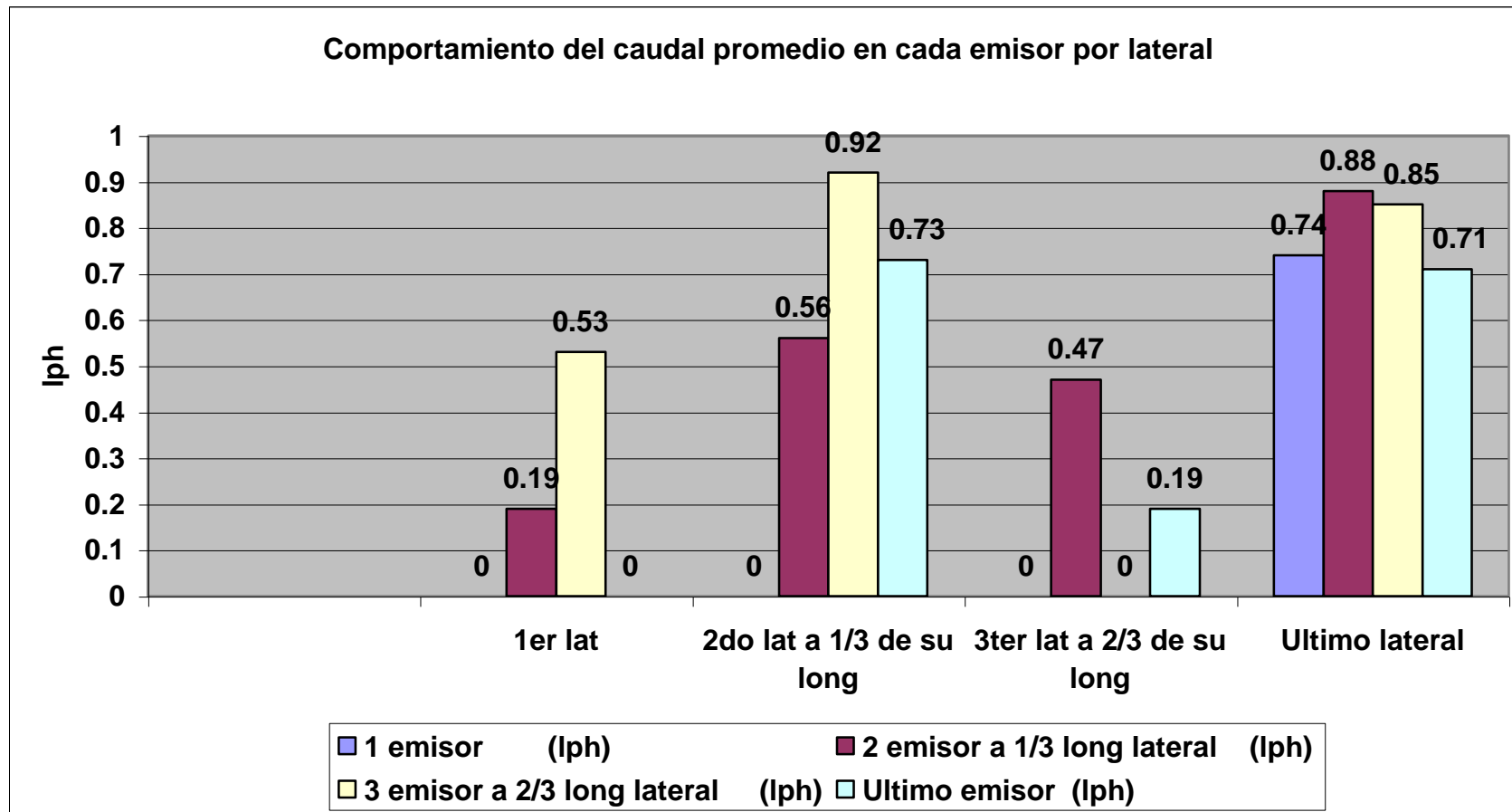
Grafica 8



Elaborada por: Anielka Delgadillo, Aracelys Díaz y Johnston Guzmán

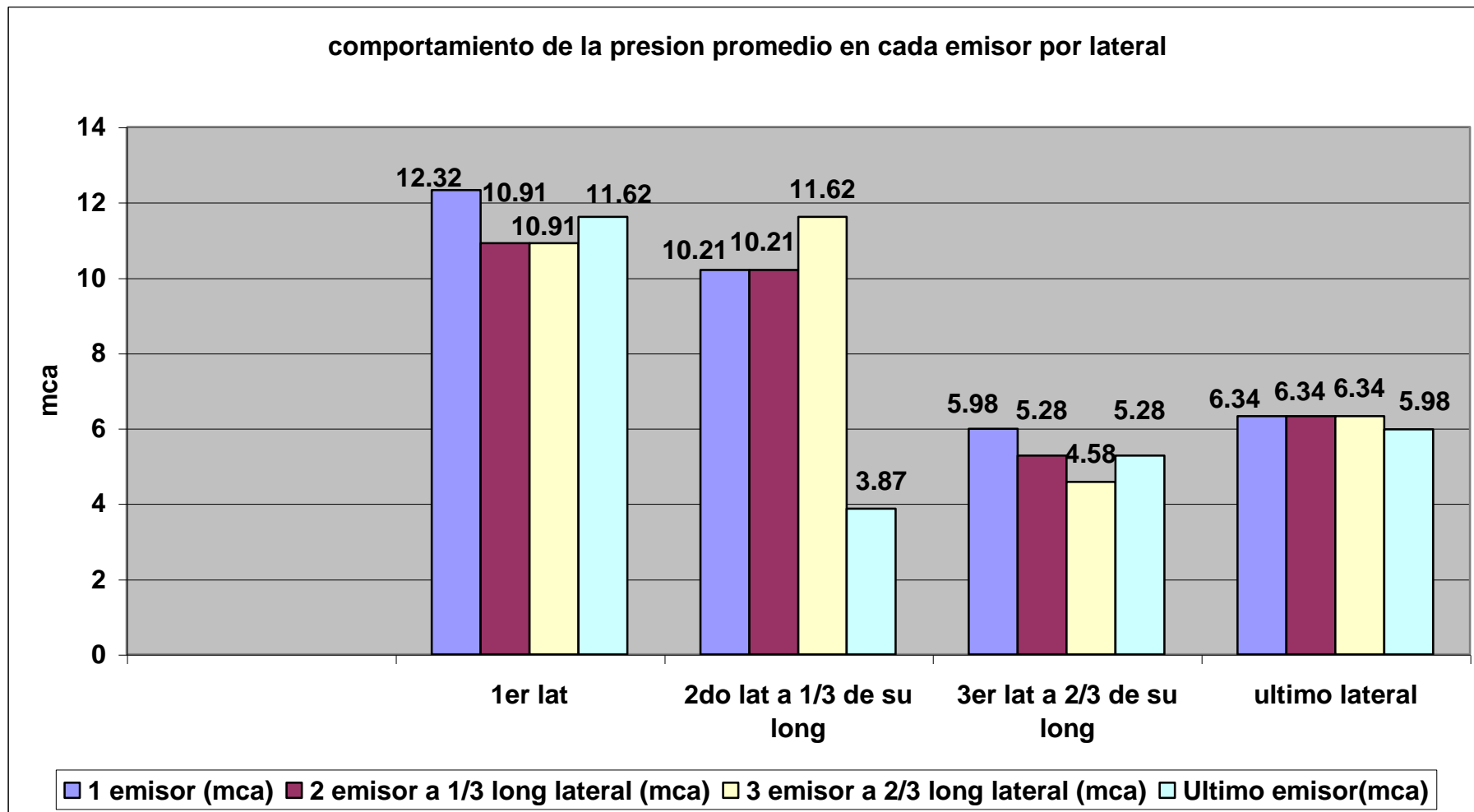
**Finca Pastora**  
**Cultivo: Chiltoma**  
**Área: 1Mz**

**Grafica 9**



Elaborada por: Anielka Delgadillo, Aracelys Díaz y Johnston Guzmán

Grafica 10

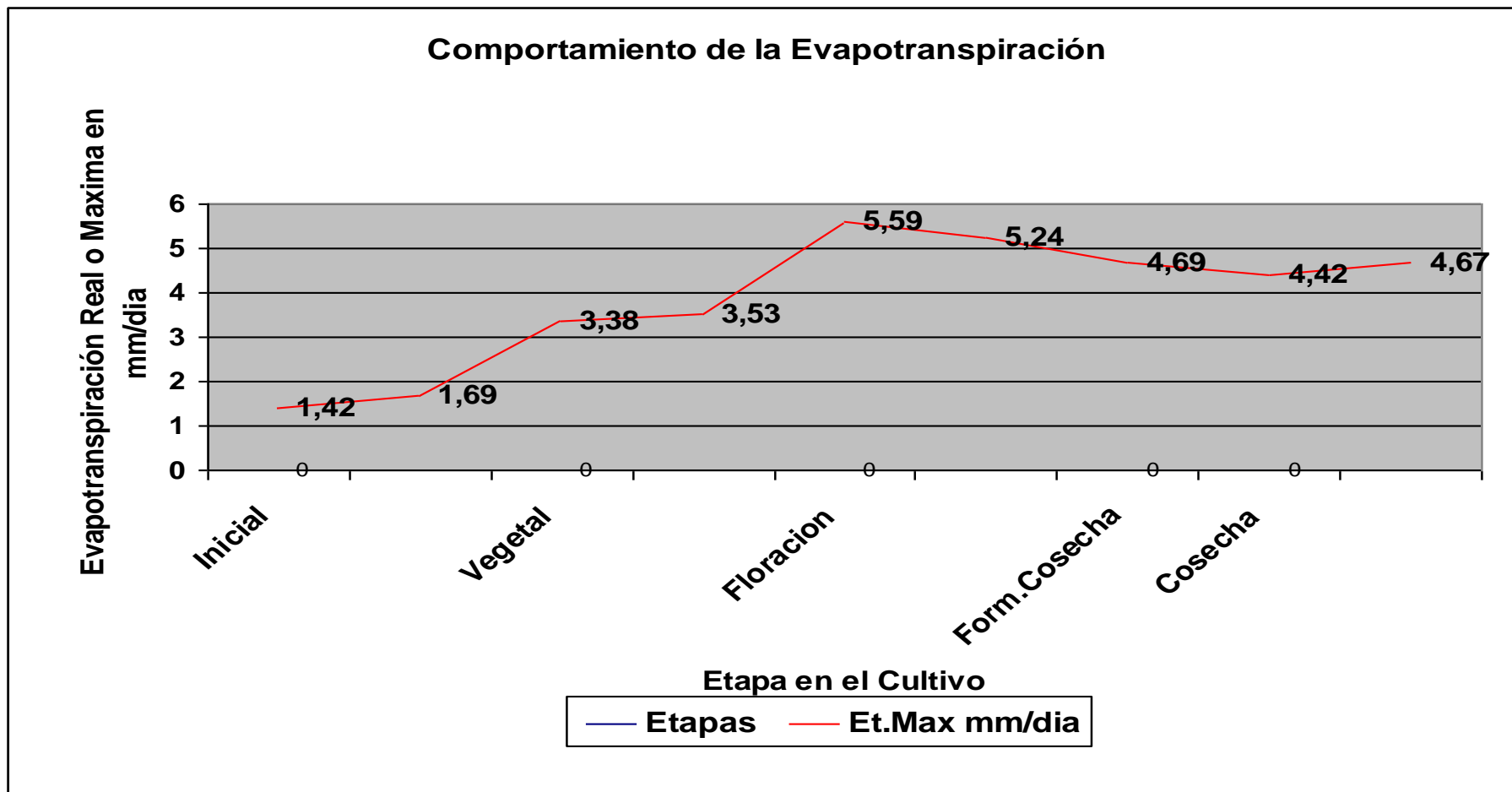


Elaborada por: Anielka Delgadillo, Aracelys Díaz y Johnston Guzmán

# GRAFICA DE LA EVAPOTRANSPIRACION EN LOS CULTIVOS EN RELACION A SUS DISTINTAS ETAPAS

CULTIVO: CHILTOMA  
FAMILIA: SOLANACEAE

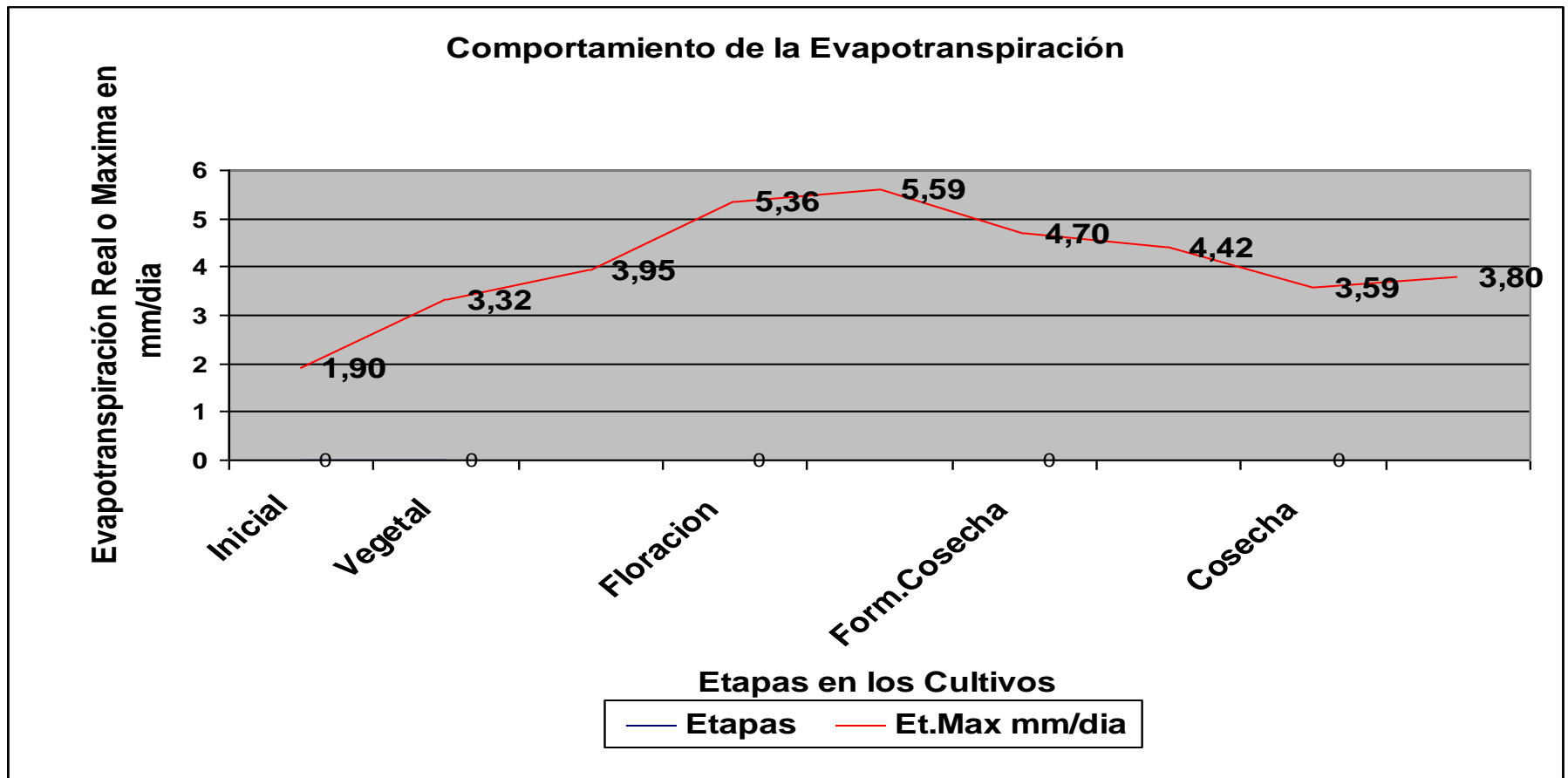
Grafica 11



Elaborada por: Anielka Delgadillo, Aracelys Díaz y Johnston Guzmán

**CULTIVOS: PEPINO Y PIPIAN**  
**FAMILIA: CUCÚRBITA MIXTA (Cucurbitáceas)**

Grafica 12



Elaborada por: Anielka Delgadillo, Aracelys Díaz y Johnston Guzmán



Gráfico 13

NOMOGRAMA PARA EL CÁLCULO DE R.A.S

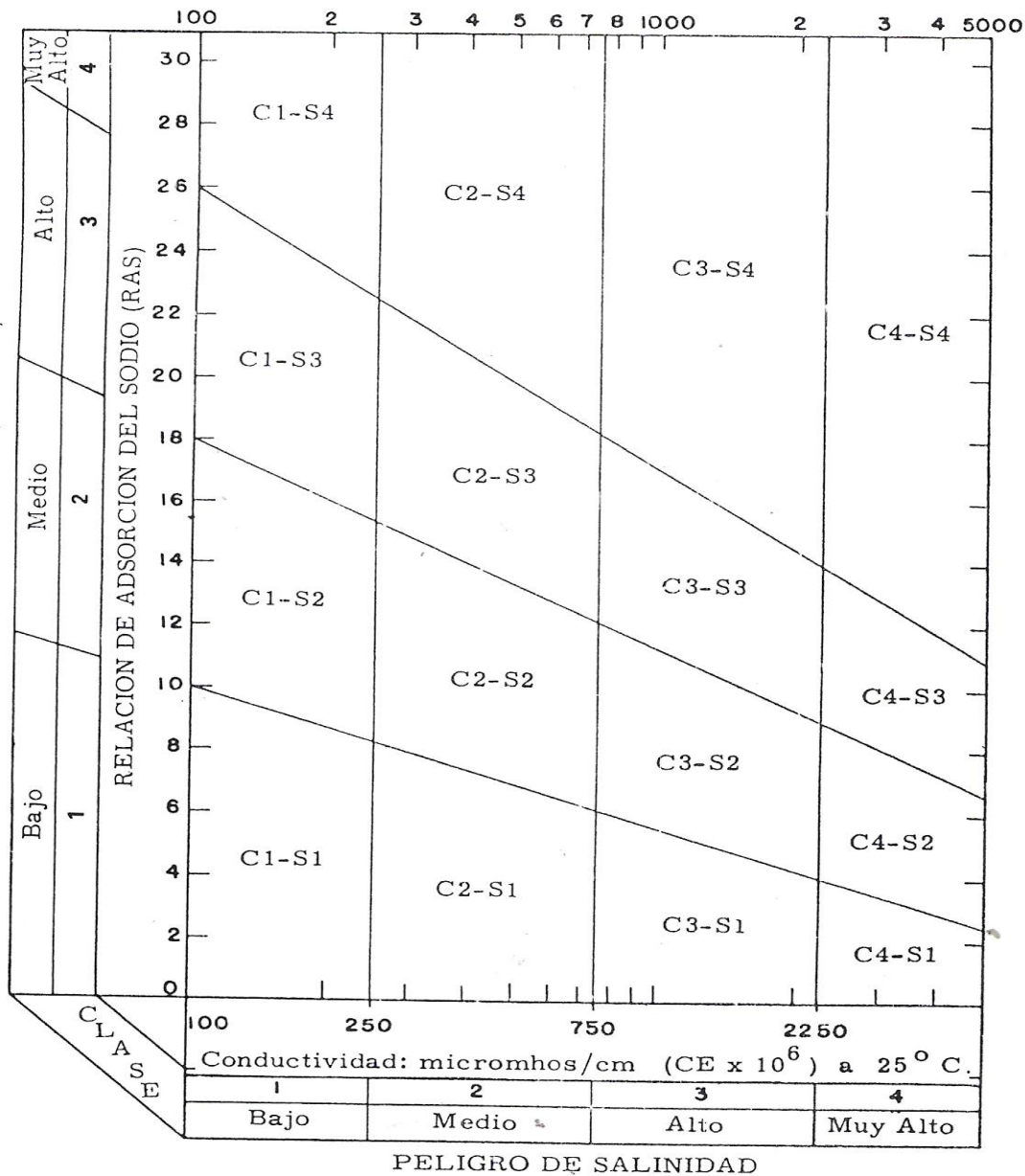


Gráfico núm. 3. Normas de Riverside. Diagrama para la clasificación de aguas de riego. (U. S. Soil Salinity Laboratory).

Gráfico 14

# NOMOGRAMA PARA EL S.A.R

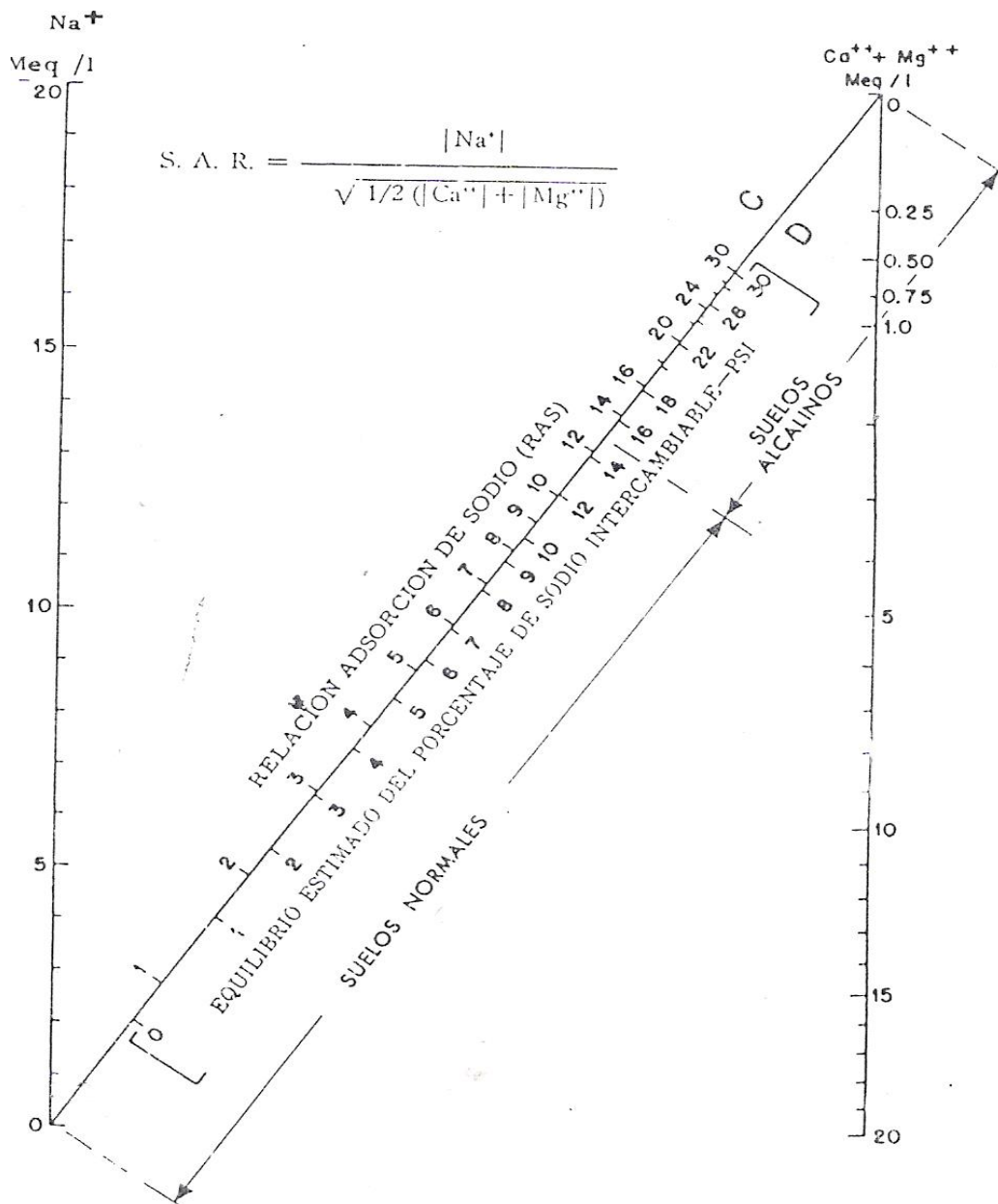
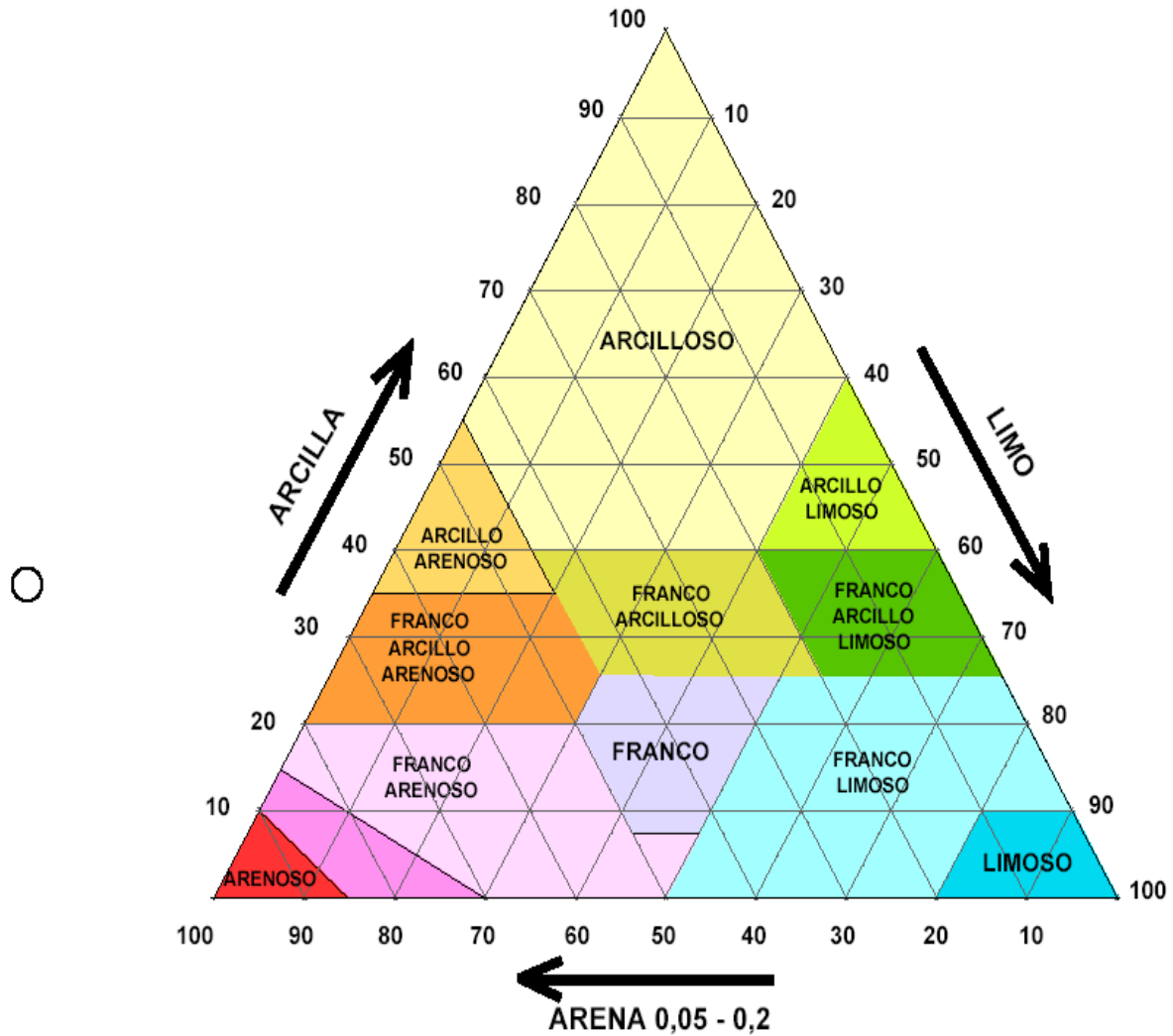


Gráfico núm. 1. Nomograma para el cálculo de S.A.R. y de F.S.P

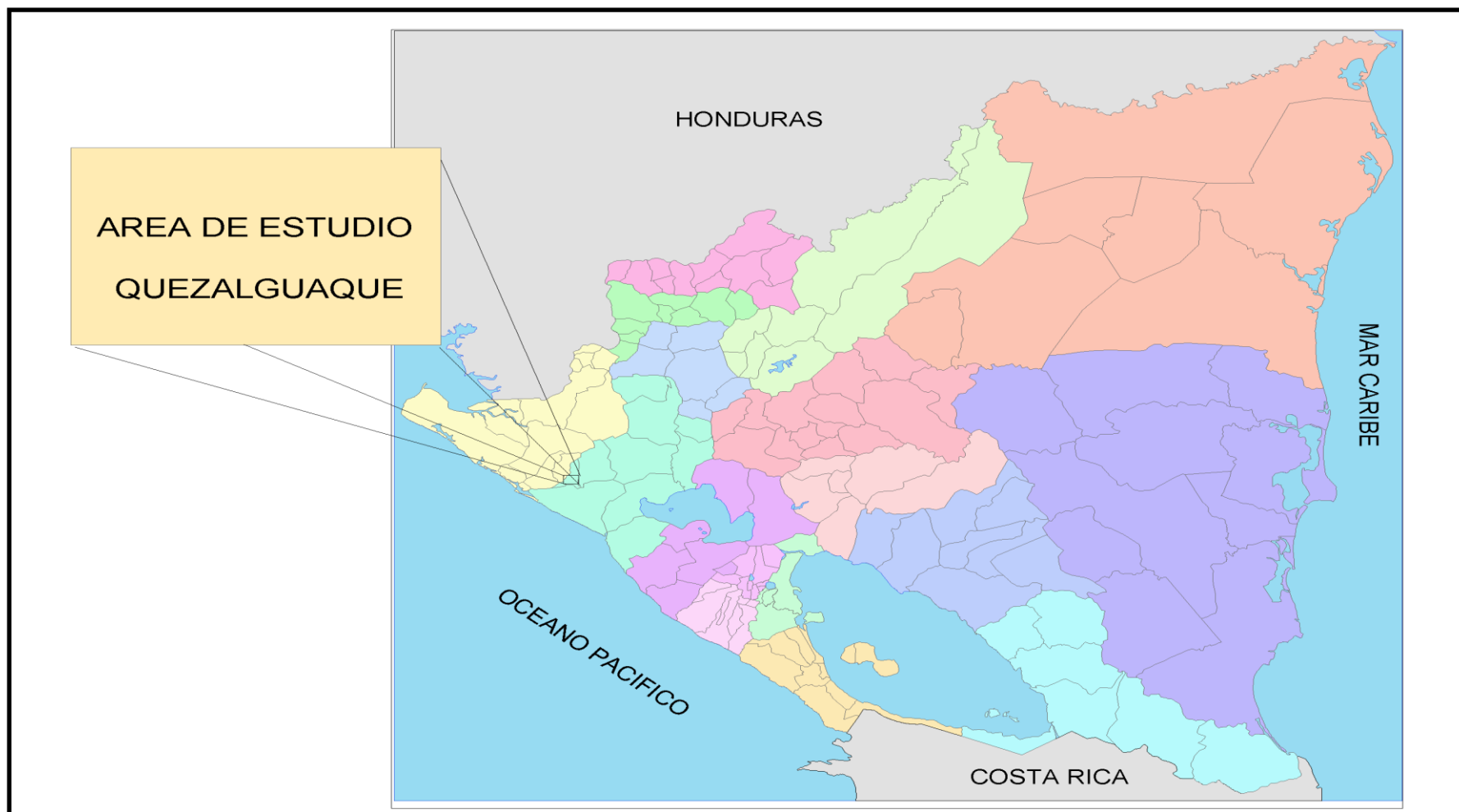
Grafico 15

TRIANGULO TEXTURAL



**Mapa # 1**

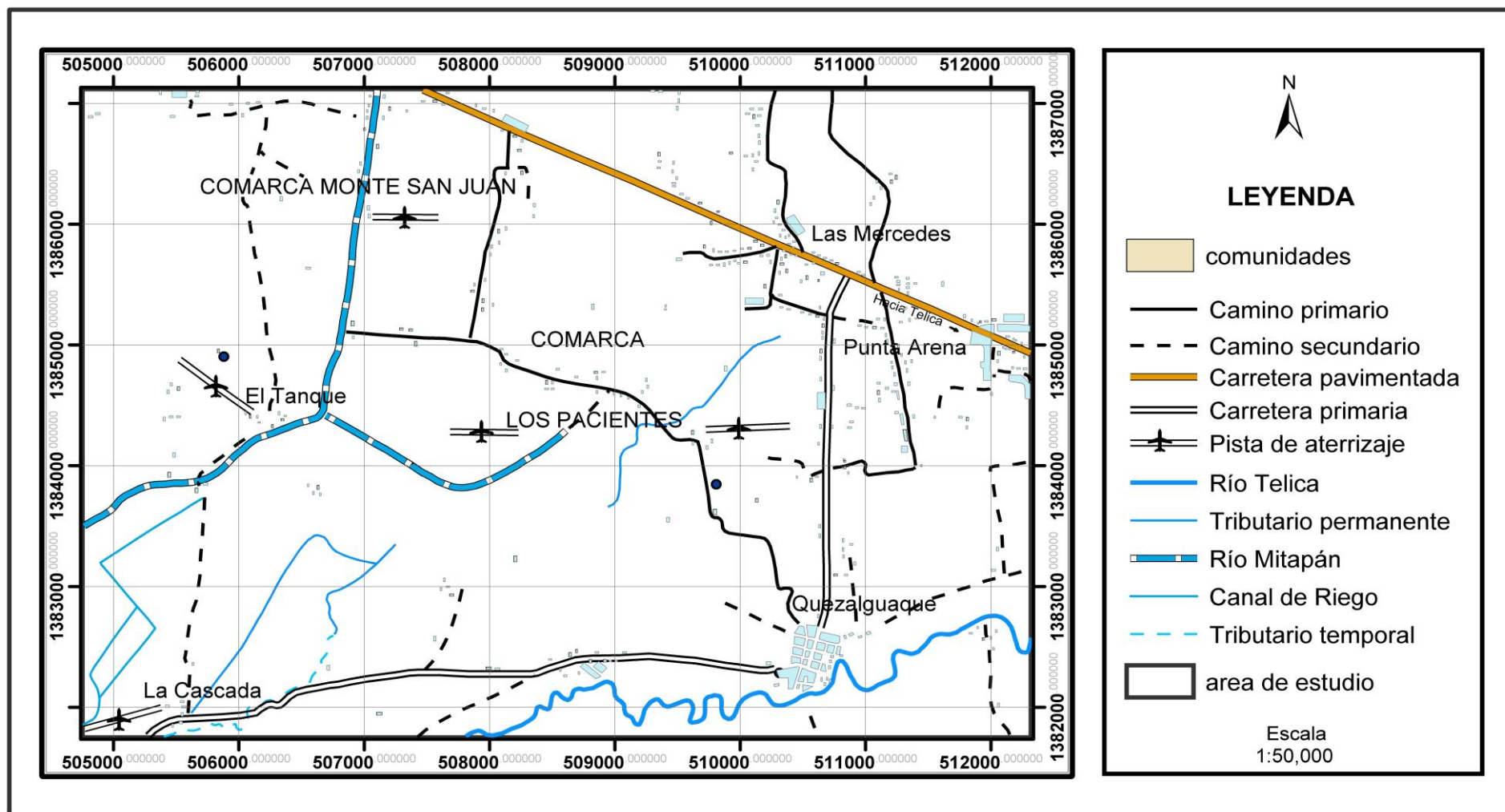
**MAPA DE MACROLOCALIZACION DEL AREA DE ESTUDIO (FUENTE: INETER)**



Elaborada por: Anielka Delgadillo, Aracelys Díaz y Johnston Guzmán

Mapa # 2

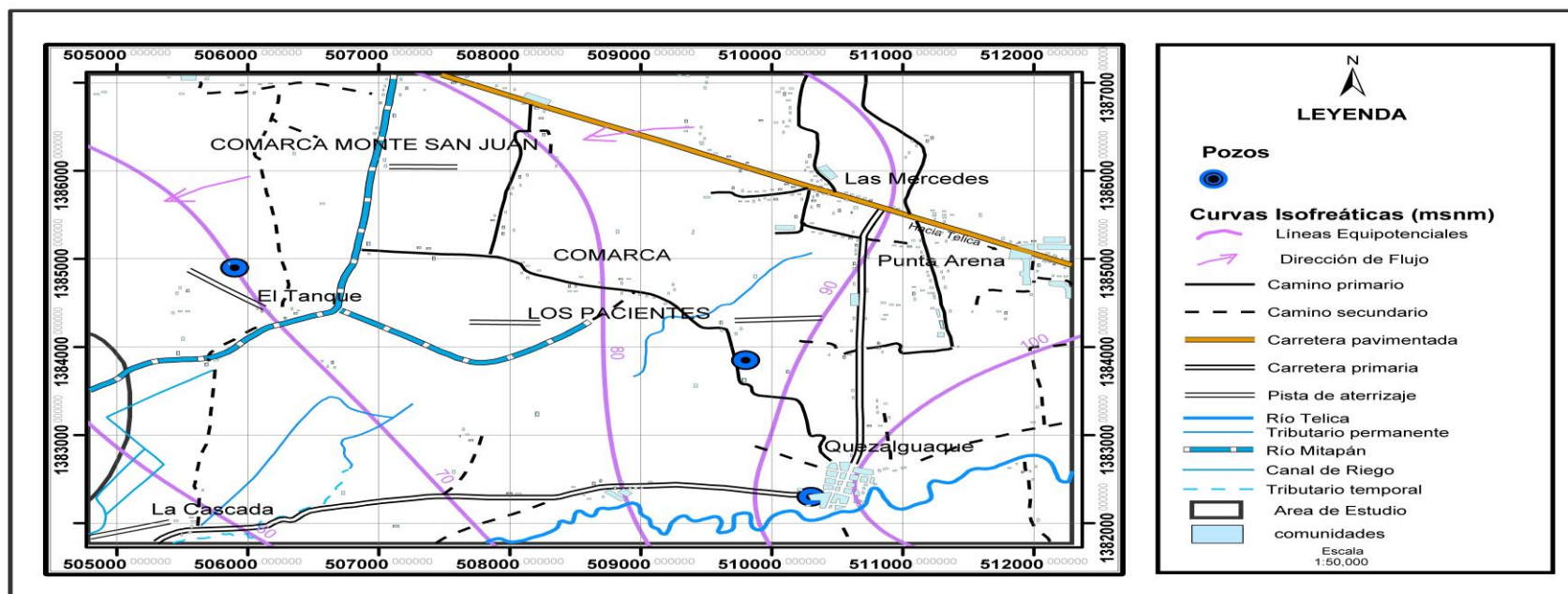
**MAPA DE MICROLOCALIZACION DEL AREA DE ESTUDIO** (FUENTE: INETER)



Elaborada por: Anielka Delgadillo, Aracelys Díaz y Johnston Guzmán

Mapa # 3

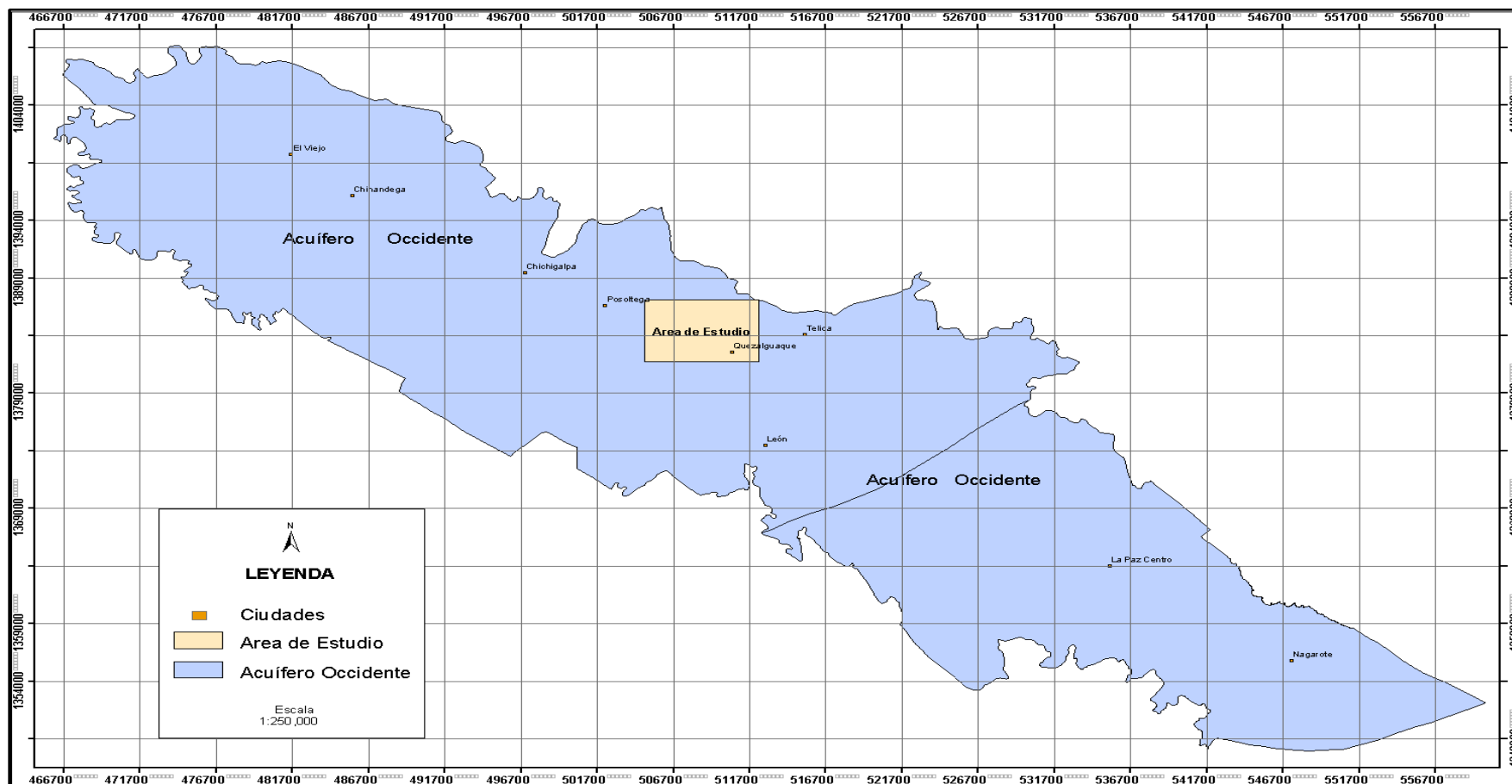
MAPA DE CURVAS ISOFREATICAS DEL AREA DE ESTUDIO (FUENTE: INETER)



Elaborada por: Anielka Delgadillo, Aracelys Díaz y Johnston Guzmán

Mapa # 4

**MAPA DEL ACUIFERO EN EL AREA DE ESTUDIO (FUENTE: INETER)**



Elaborada por: Anielka Delgadillo, Aracelys Díaz y Johnston Guzmán



## **FERTIRRIEGO**

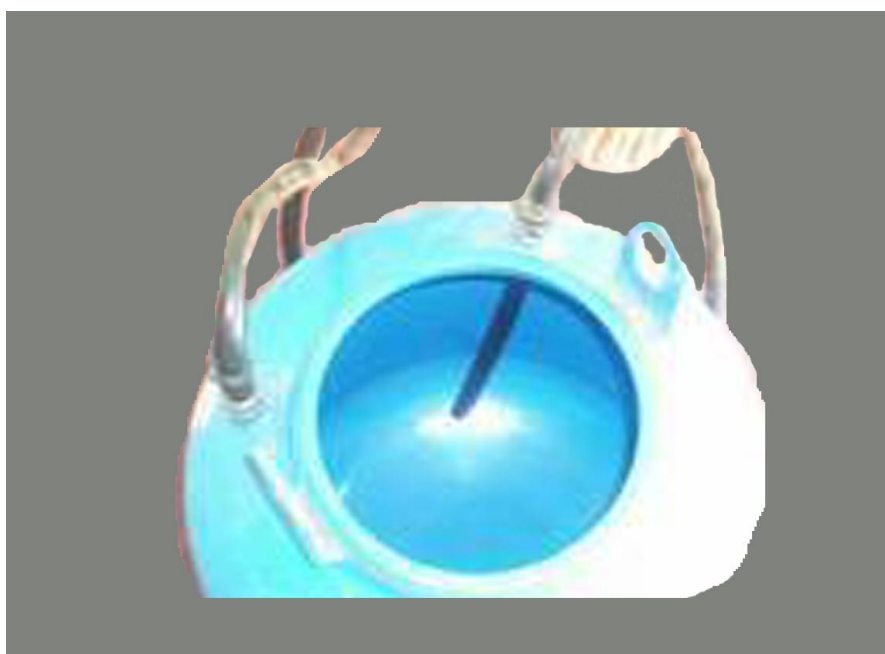
**Foto # 1**

**Tanque BY-PASS**



**Foto # 2**

**Tanque BY-PASS destapado**





**Foto # 3**

**Llave BY-PASS**



**1**  
**Foto # 4**

**Filtro de de anilla Amiad de 2"**



**Foto # 5**

**Estado de la Cinta de Riego en el Campo**



**Foto # 6**

**Filtraciones en la Cinta de Riego**





**Foto # 7**

**Estado del Sistema del Cabezal**



**Foto # 8**

**Concentración de sales**





**Foto # 9**

**Obstrucciones en la cinta del sistema de riego**



**Foto # 10**

**Sistema de Riego Dañado**





**Foto # 11**

**Reparaciones propias de los pequeños productores a las rupturas del sistema**



**Foto # 12**

**Reparaciones propias de los pequeños productores a las rupturas del sistema**



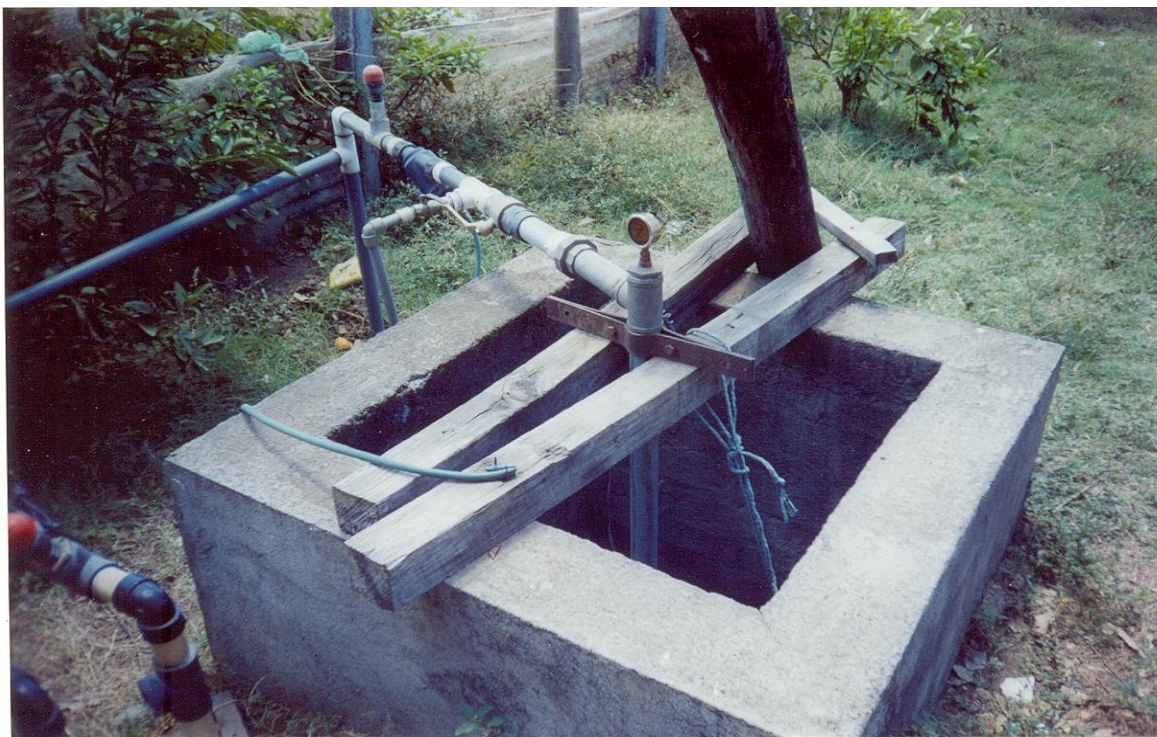
Elaborada por: Anielka Delgadillo, Aracelys Díaz y Johnston Guzmán



**Foto # 13**



**Foto # 14**





**Foto # 15**

**DISPOSICION DE LATERALES EN LAS FINCAS**



**Foto # 16**

**PARCELAS CON CULTIVOS DE CHILTOMA**



**Foto # 17**



**PARCELAS CON CULTIVOS DE PIPIAN**



**Foto # 18**



**Foto # 19**

**SUELO EXISTENTES EN LAS FINCAS**

Elaborada por: Anielka Delgadillo, Aracelys Díaz y Johnston Guzmán





**Foto # 20**

**MEDICION DE ESPACIAMIENTO DE GOTEROS EN LAS CINTAS**



**Foto # 21**

**MEDICION DE ESPACIAMIENTO ENTRE LATERALES**



**Foto # 22**

**ACCESORIO DENTRO DEL SISTEMA EXISTENTE EN LAS FINCAS**





**Foto # 23**

**CABEZAL DE DISTRIBUCION**



**Foto # 24**

**INFILTROMETRO DIGITAL PROPORCIONADO POR ESCUELA DE INGENIERIA  
AGRICOLA UNI-RUPAP**



**Foto # 25**

Elaborada por: Anielka Delgadillo, Aracelys Díaz y Johnston Guzmán



**EVALUACION HIDRAULICA**



**Toma de caudal**



**Toma de presión**

**Foto # 26**

**AREA DE ALMACENAMIENTO DE SEMILLAS**





**Foto # 27**

**BOMBA SUMERGIBLE UTILIZADA EN LOS SISTEMAS DE RIEGO**



**Anexo VI**

**Resultados de los Análisis de agua y suelo emitido por Laboratorio de la  
Universidad Nacional Agraria.  
(LABSA. UNA)**



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES Y DEL AMBIENTE  
LABORATORIO DE SUELOS Y AGUAS

RESULTADOS DE ANALISIS DE AGUA PARA RIEGO

No. 034

Nombre: UNI / RUPAP

Fecha de muestreo: 31/08/04

Fecha de Ingreso : 31/08/04

Nombre del sitio muestreado : (Rio, Pozo, Canal, etc.): Pozo

Localidad: Quezalquaque Municipio : León Departamento: León

DATOS DE LA ZONA DE RIEGO

Características de los cultivos y del suelo (Textura):

DATOS DEL ANALISIS

Registro No.:

Fecha de Análisis: 18/09/04

CE : 442

uS/cm

pH: 6.64

Boro: ppm

Sólidos disueltos: 690.00

Aniones meq/L					Cationes meq/L				
CO <sub>3</sub>	HCO <sub>3</sub>	Cl	SO <sub>4</sub>	SUMA	Ca	Mg	Na	K	SUMA
nd	1.66	1.33	0.88	3.87	1.33	0.82	1.54	0.18	3.87

CO<sub>3</sub> + HCO<sub>3</sub>: 2.99

meq/L

Ca + Mg: 2.15

meq/L

Salinidad Efectiva meq/L	Salinidad Potencial meq/L	RAS	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> Residual meq/L	N-NO <sub>3</sub> mg/L	Clasific. Según USDA
0.88	1.77	1.52	0		C1-S1

Observaciones:

Nota: nd = No detectado.

Analizado por: Ing. Mercedes Matus







**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA**  
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES Y DEL AMBIENTE  
LABORATORIO DE SUELOS Y AGUA

**INTERPRETACION DE LOS RESULTADOS DE LABORATORIO**

**Rango de Clasificación Aproximada de Nutrientes en Suelos  
de Nicaragua (Quintana et al., 1983)**

pH	Clasificación
< 4.6	Extremadamente ácido
4.6 - 5.2	Muy frecuentemente ácido
5.2 - 5.6	Fuertemente ácido
5.6 - 6.2	Medianamente ácido
6.2 - 6.6	Ligeramente ácido
6.6 - 6.8	Muy ligeramente ácido
6.8 - 7.2	Neutro
7.2 - 7.4	Muy ligeramente alcalino
7.4 - 7.8	Ligeramente alcalino
7.8 - 8.4	Medianamente alcalino
8.4 - 8.8	Fuertemente alcalino
8.8 - 9.4	Muy frecuentemente alcalino
> 9.4	Extremadamente alcalino

**Capacidad de Intercambio Catiónico.**

<5	meq/100 g suelo	Muy baja
5 - 15	meq/100 g suelo	Baja
15 - 25	meq/100 g suelo	Media
25 - 40	meq/100 g suelo	Alta
>40	meq/100 g suelo	Muy alta

**Rango de contenidos de macronutrientes.**

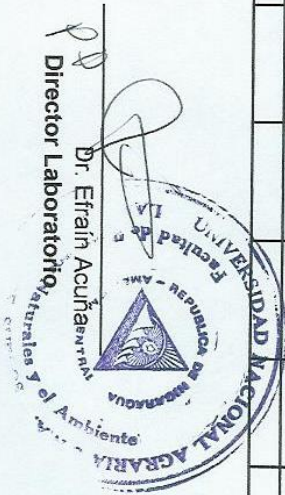
Nutrientes	Unidades	Pobre	Medio	Alto
Nitrógeno (N)	%	< 0.07	0.07 - 0.15	> 0.15
Fósforo (P)	ppm	< 10	10 - 20	> 20
Potasio (K)	meq/100 g	< 0.2	0.2 - 0.3	> 0.3
Calcio (Ca)	meq/100 g	< 2.5	2.5 - 5.5	> 5.5
Magnesio (Mg)	meq/100 g	< 0.3	0.3 - 1.0	> 1.0
Mat. Orgánica (MO)	%	< 2	2 - 4	> 4

**Rangos de contenidos de micronutrientes (extracción Olsen )**

Nutriente	Unidades	Muy bajo	Bajo	Medio	Alto
Hierro (Fe)	ppm	5 - 10	10 - 16	16 - 21	21-2
Zinc (Zn)	ppm	1 - 2	2.1 - 3.1	3.1 - 4.2	4.2 - 5.3
Cobre (Cu)	ppm	0.2 - 0.8	0.8 - 1.5	1.5 - 2.2	2.2 - 3.0



DPTO. Y MCIPPIO.: LEON / QUEZALQUEAQUE

[illegible]



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES Y DEL AMBIENTE  
LABORATORIOS DE SUELOS Y AGUA

Comunidad :	La Unión /Queza
Departamento :	León

[illegible]